

PEDRO ROBERTO DE AZAMBUJA MADRUGA

# **SISTEMA INTEGRADO DE MAPEAMENTO PARA MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor.


CURITIBA  
1992

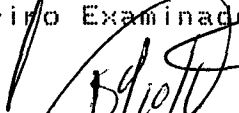
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

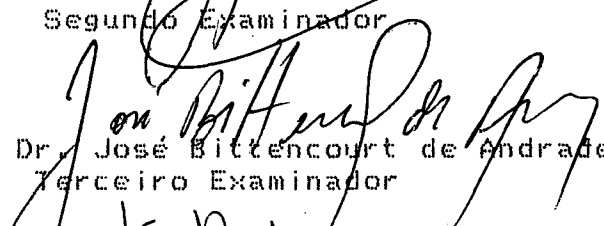
P A R E C E R

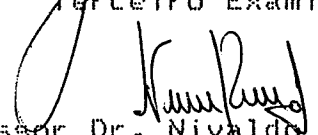
Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Tese de Doutorado apresentada pelo candidato PEDRO ROBERTO DE AZAMBUJA MADRUGA, sob o título "SISTEMA INTEGRADO DE MAPEAMENTO PARA MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS" para obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração: MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela **APROVAÇÃO** da Tese completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

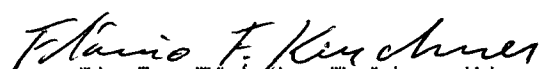
Curitiba, 31 de agosto de 1992.

  
Professor Dr. José Sales Mariano da Rocha  
Primeiro Examinador

  
Professor Dr. Enio Giotto  
Segundo Examinador

  
Professor Dr. José Bittencourt de Andrade  
Terceiro Examinador

  
Professor Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi  
Quarto Examinador

  
Professor Ph.D. Flávio Felipe Kirchner  
Presidente da Comissão

A minha esposa LILA e  
a minha filha ROBERTA

Dedico

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida;

À minha família, pelo incentivo, compreensão e  
carinhos;

Aos Professores: Ph.D. Flávio Felipe Kirchner;

Dr. José Sales Mariano da Rocha;

Ph.D. Enio Giotto e

Dr. Miguel Serediuk Milano

respectivos orientador e co-orientadores do presente trabalho,  
pela orientação, dedicação e estímulo dispensados;

À Universidade Federal de Santa Maria, pela  
oportunidade;

À Universidade Federal do Paraná, pela acolhida;

Ao Plano de Incentivo de Capacitação de Docentes  
(PICD), pela bolsa de estudos;

Ao Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento  
Remoto e Meteorologia, pelo apoio;

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em  
Engenharia Florestal, pela orientação, incentivo e compreensão  
durante o doutoramento;

Aos colegas, pela cooperação, estímulo e amizade;

Aos funcionários do curso, pelo atendimento;

Aos Professores Rudiney S. Pereira e Roberto Cassol,  
pelo incentivo, colaboração e amizade;

À todos, que de alguma forma auxiliaram neste  
trabalho.



## BIOGRAFIA

PEDRO ROBERTO DE AZAMBUJA MADRUGA, filho de LEDA RITTA DE AZAMBUJA MADRUGA e NESTOR SOARES MADRUGA, natural de São Gabriel, Estado do Rio Grande do Sul, onde nasceu a 14 de agosto de 1952..

Fez o primário no "Grupo Escolar Marçal Pacheco", em Rosário do Sul-RS, concluindo em 1965..

Cursou o ginásio no "Colégio Estadual Plácido de Castro", em Rosário do Sul-RS, concluindo em 1970..

Fez o Científico no "Colégio Santa Maria", em Santa Maria-RS, concluindo em 1974..

Concluiu o curso de graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria-RS, no ano de 1980..

Em setembro de 1985 concluiu o Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Fotointerpretação, na UFSM.

Em julho de 1986 concluiu o Curso de Pós-Graduação a nível de Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais, na UFSM.

De agosto de 1986 a julho de 1987, realizou o Curso de Aperfeiçoamento em Fotogrametria e Fotointerpretação na República Federal da Alemanha..

Em março de 1989 iniciou o doutoramento em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, concluindo 45 créditos, sendo 12 tópicos especiais relacionados à tese. -v-

# S U M Á R I O

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	-xi-
LISTA DE TABELAS .....	-xii-
LISTA DE SIGLAS .....	-xiii-
 1. INTRODUÇÃO .....	 001
1.1. OBJETIVOS .....	003
1.1.1. OBJETIVOS GERAIS .....	003
1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	003
1.2. JUSTIFICATIVA .....	003
 2. REVISÃO DE LITERATURA .....	 006
2.1. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Área para Fins de Planejamento .....	 007
2.1.1. Bacia, Sub-bacia e Microbacia Hidrográfica .....	009
2.1.2. Manejo de Bacias Hidrográficas .....	010
2.2. Informações Georeferenciadas .....	012
2.2.1. Atributos Espaciais (Mapas) .....	014
2.2.1.1. Mapa Base .....	014
2.2.1.2. Mapas Temáticos .....	014
2.2.1.2.1. Mapa Geológico e Geomorfológico .....	015
2.2.1.2.2. Mapas de Uso da Terra .....	017
2.2.1.2.2.1. Mapeamentos de Uso da Terra com Imagens Or- bitais .....	 020
2.2.1.2.3. Mapas de Classes de Declividade .....	023

2.2.1.2.3.1. Perfil Topográfico .....	028
2.2.1.2.4. Mapas de Hidrografia .....	028
2.2.1.2.5. Classes de Coeficiente de Rugosidade (Ruggdeness Number - RN) .....	029
2.2.1.2.6. Mapas de Solos .....	031
2.2.1.2.7. Mapas do Potencial de Erosão do Solo .....	032
2.2.1.2.8. Mapas de Capacidade de Uso da Terra .....	032
2.2.2. Atributos Não Espaciais .....	034
2.3. Sistemas de Informação Geográfica .....	035
2.3.1. Componentes de um Sistema de Informação Geográfica	037
2.3.1.1. "HARDWARE" .....	038
2.3.1.2. "SOFTWARE" .....	042
2.3.1.2.1. Algumas Opções Mercadológicas em "SOFTWARE" ..	047
2.3.2. Entrada de Dados .....	048
2.3.2.1. Entrada de Dados Espaciais .....	051
2.3.2.1.1. Entrada de Dados para Sistemas "Vector" e "Raster" .....	052
2.3.2.1.2. Dados Espaciais na Forma "Raster" Digital ....	054
2.3.2.2. Entrada de Dados não Espaciais Associados a Atributos .....	056
2.3.2.3. Ligação de Dados Espaciais e não Espaciais .....	056
2.3.3. Armazenamento e Gerenciamento do Banco de Dados ..	057
2.3.4. Apresentação e Saída dos Dados .....	058
2.3.5. Interação com o Usuário .....	060
2.3.6. Aspectos Organizacionais de um SIG .....	061
2.3.7. Campos de Aplicação de um SIG .....	061
2.3.8. Estrutura de Dados em Sistemas de Informaçã Geo- gráfica .....	064

2.3.8.1. Estrutura Vetorial ou Poligonal .....	067
2.3.8.1.1. Vantagens e Desvantagens de Sitemas Baseados na Estrutura Vetorial .....	069
2.3.8.2. Estrutura "Raster" ou em Grade .....	071
2.3.8.2.1. Atividades Envolvidas em um Sistema "Raster" ..	072
2.3.8.2.2. Vantagens e Desvantagens de Sitemas Baseados na Estrutura "Raster" .....	075
2.3.8.2.3. Integração das Estruturas "Vetorial" e "Ras- ter" .....	076
2.3.8.2.4. Subsistema Gerenciador de Dados Alfanuméricos	078
2.3.8.3. Estrutura de Dados Topológica .....	079
2.3.9. Modelos Numérico do Terreno .....	080
2.3.9.1. Importância do MNT .....	083
2.3.9.2. Métodos de representação do MNT .....	085
2.3.9.2.1. Métodos Matemáticos .....	086
2.3.9.2.1.1. Funções Polinomiais, "Splines" e Bilinear ..	087
2.3.9.2.1.2. Erros Gerados na Regularização da Grade (Ti- po I e II) .....	093
2.3.9.2.2. Métodos Imagem .....	095
2.3.9.2.2.1. Modelos Linha .....	095
2.3.9.2.2.2. Modelos Pontos .....	096
 3. MATERIAL E MÉTODOS .....	 097
3.1. Caracterização Geral da Área .....	098
3.1.1. Vegetação .....	099
3.1.2. Clima .....	100
3.2. Material Utilizado .....	101
3.2.1. Documentação Fotográfica .....	101

3.2.2. Documentação Cartográfica .....	102
3.2.3. Imagens de Satélite (LANDSAT-TM) .....	102
3.2.4. Equipamentos de Laboratório e Material Necessário aos Trabalhos de Campo .....	102
3.2.5. "HARDWARE" .....	104
3.3. Métodos .....	104
3.3.1. Mapa-base .....	104
3.3.2. Mapa de Classes de Declividade .....	105
3.3.3. Mapa de Uso da Terra .....	107
3.3.4. Transferência dos Dados Interpretados para o Mapa-base .....	113
3.3.5. Determinação dos Coeficiente de Rugosidade .....	113
3.3.6. Mapa de Solos .....	115
3.3.7. Mapa Geomorfológico .....	115
3.3.8. Banco de Dados .....	116
3.3.9. Desenvolvimento do Sistema .....	117
3.3.9.1. Planos de Informações .....	118
3.3.10. Programas de Suporte ao SIG (SGMIBH - Sistema Georeferenciado de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas) .....	121
3.3.10.1. Programa NIVELDAT .....	121
3.3.10.1.1. Estrutura .....	123
3.3.10.2. Programa DIGAREA .....	135
3.3.10.3. Programa DIGREDE .....	146
3.3.10.4. Programa DIGRADE .....	152
3.3.10.5. Programa DIGCRUZ .....	159
3.3.10.5.1. Algoritmo de Execução .....	160
3.3.10.6. Programa DIGPTS .....	167

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	171
4.1. Classes de Declividade na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	172
4.2. Mapeamento Temático e Classes de RN na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	173
4.3 . Mapa de Solos da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	176
4.3.1. Descrição dos Principais Tipos de Solos da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	177
4.4. Mapa Geomorfológico da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	181
4.5. Resultados Obtidos com os Programas Suportes .....	183
4.5.1. NIVELDAT .....	183
4.5.2. DIGAREA .....	184
4.5.3. DIGREDE .....	186
4.5.4. DIGRADE .....	187
4.5.5. DIGCRUZ .....	191
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	200
6. RESUMO .....	205
6.1. SUMMARY .....	207
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	208

8. ANEXOS .....	222
8.1. ANEXO 01 - Coordenadas Planimétricas; Número de Pontos Digitalizados; Abcissas e Ordenadas (m) e Valor da cota da Curva de Nível.....	225
8.2. ANEXO 02 - Listagem dos Arquivos Gerados pelo Programa NIVELDAT .....	226
8.3. ANEXO 03 - Coordenadas do Sistema da Mesa Digitalizadora e do Sistema do Mapa .....	227
8.4. ANEXO 04 - Listagem dos Arquivos Gerados Pelo Programa DIGAREA .....	228
8.5. ANEXO 05 - Ábaco Utilizado na Elaboração do Mapa de Classes Declividade .....	229
8.6. ANEXO 06 - Exemplos de PI's nas Formas Vetorial e Raster .....	231
8.7. ANEXO 07 - Representação Logogramática dos PI's ...	232
8.8. ANEXO 08 - Coordenadas X, Y e Z - PROGRAMA DIGPTS .	233
8.9. ANEXO 09 - Mapa de Classes de Declividade .....	234
8.10. ANEXO 10 - Mapa Base e Uso da Terra (Planialtimétrico) .....	235
8.11. ANEXO 11 - Mapa de Solos .....	236
8.12. ANEXO 12 - Mapa Geomorfológico .....	237

## LISTA DE FIGURAS

01 - Potencial de erosão do solo por classe de uso da terra .....	033
02 - "HARDWARE" necessários a um SIG .....	039
03 - Elementos de um SIG .....	043
04 - Interrelações entre os principais componentes de um "SOFTWARE" .....	044
05 - Diagrama da arquitetura lógica do "SOFTWARE" do SITIM	044
06 - Procedimentos de entrada de dados em SIG .....	050
07 - Meios e produtos para saída de dados de um SIG .....	060
08 - As três componentes conceituais de um SIG .....	066
09 - Codificação de pontos, linhas e polígonos pela técnica de digitalização .....	068
10 - Erro do TIPO I .....	094
11 - Erro do TIPO II .....	094
12 - Localização da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	098
13 - Representação Esquemática por Conjunto das Consorciações Possíveis Entre os Grupos de Uso da Terra ...	111
14 - Fluxograma dos Programas Suportes SGMIBH .....	122
15 - Fluxograma de operações do Programa NIVELDAT .....	124
16 - Módulo de Entrada de Dados do Programa NIVELDAT .....	124
17 - Solicitação do Código do Arquivo para a Transformação de Coordenadas .....	127
18 - Solicitação da Digitalização dos Pontos de Apoio .....	127
19 - Solicitação da Digitalização do Polígono Máscara .....	127
20 - Apresentação dos Resultados da Digitalização do Polí-	



gono Máscara .....	128
21 - Solicitação do Número da Cota a Ser Digitalizada e I-	
nício da Digitalização .....	129
22 - Função das Teclas Vermelha e Azul do "mouse" .....	129
23 - Conclusão da Digitalização .....	130
24 - Menu Auxiliar .....	131
25 - Menu de Impressão dos Resultados .....	132
26 - Relação de Arquivos de Cotas Digitalizadas e Novas	
Opções .....	133
27 - Apresentação da Área de Curva Isolada .....	133
28 - Fluxograma de Operações do Programa DIGAREA .....	137
29 - Menu Inicial do Programa DIGAREA .....	138
30 - Solicitação da Digitação dos Pontos de Apoio .....	138
31 - Solicitação da Digitalização dos Pontos Apoio .....	138
32 - Primeiro Polígono Digitalizado .....	139
33 - Digitalização de Novo Polígono (Opção 1) .....	139
34 - Terceiro Polígono Digitalizado .....	140
35 - Menu Auxiliar .....	140
36 - Menu Auxiliar do Programa DIGAREA .....	141
37 - Esquema de Cálculo de Área Pelo Método de Gauss .....	142
38 - Fluxograma do Programa DIGREDE .....	147
39 - Menu Inicial do Programa DIGREDE .....	148
40 - Solicitação do Código do Arquivo a Ser Recuperado ...	148
41 - Tela de Solicitação da Digitalização dos Pontos de A-	
poio da Carta .....	149
42 - Solicitação da Ordem do Tributário .....	150
43 - Tributários de Primeira Ordem Digitalizados e Encerra	
mento da Operação .....	151

44 - Menu Auxiliar do Programa DIGREDE .....	151
45 - Arquivo, Número, Comprimento Total dos Tributários e Opções .....	152
46 - Menu inicial do programa DIGRADE .....	154
47 - Esquema da Interpolação INVDIST .....	156
48 - Solicitação das Coordenadas (X e Y) Iniciais e Finais da Grade .....	157
49 - Rasterização dos Polígonos (PI's) .....	158
50 - Algoritmo de definição de Inclusão dos pontos de um PI .....	158
51 - Menu Inicial do Programa DIGPTS .....	168
52 - Digitalização do atributo, código ou valor numérico ..	168
53 - Menu de opções .....	169
54 - Menu auxiliar .....	170
55 - Menu de Impressão de Coordenadas .....	170
56 - Polígono Máscara Rasterizado da Sub-bacia Hidrográfi- ca do Arroio Grande .....	189
57 - Modelo Numérico do Terreno da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	190

## LISTA DE TABELAS

01 - Categorias, Classes e Sub-Classes de Capacidade de Uso da Terra .....	034
02 - Métodos de representação da superfície do terreno ..	085
03 - Aerofotogramas do Projeto SACS que cobrem a área de Estudo .....	103
04 - Relação e Posição das Cartas Topográficas Utilizadas	103
05 - Classes de Declividade, aptidões e/ou limitações ...	105
06 - Planos de Informações e Classes de Solos Encontrado na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS .....	118
07 - Planos de Informações e Temas de Uso da Terra Digitalizados na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS. ....	119
08 - Planos de Informações e Classes de Declividades encontradas na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS. ....	120
09 - Opção 3. Impressão da Área do Perímetro .....	141
10 - Área de Cada Classe de Declividade (%) .....	172
11 - Análise dos Conflitos entre oUso da Terra e RN-Pla- nejamento Integral da Sub-bacia Arroio Grande .....	175
12 - Classificação e Porcentagem de Área das Unidades de Solos Encontradas na Área da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande .....	177
13 - Área, Perímetro e Comprimento das Curvas de Nível da Sub-bacia do Arroio Grande .....	183
14 - Número e Área dos Polígonos Digitalizados por Planos de Informação em cada Classe de Solos.....	184

15 - Número e Área dos Polígonos Digitalizados por Planos de Informação em cada Classe de Declividade .....	185
16 - Número e Área dos Polígonos Digitalizados por Planos de Informação em cada Classe de Uso da Terra .....	185
17 - Resultados Obtidos Pelo Programa DIGRADE .....	187
18 - Área das Classes de Solos Obtidos pelo Programa DIGRADE .....	192
19 - Área das Classes de Declividades Obtidas pelo Programa DIGRADE .....	192
20 - Percentual de Uso da Terra por Classes de Solo .....	193
21 - Área dos Pis de Uso da Terra por Classes de Solo ...	195
22 - Percentagem de Ocorrência do Uso da Terra por Classe de Solo pela Área da Sub-bacia .....	196
23 - Percentagem de Ocorrência do Uso da Terra por Classe de Declividade .....	197
24 - Áreas dos Pis de Uso da Terra por Classes de Declividade .....	197
25 - Percentual de Ocorrência do Uso da Terra por Classe de Declividade .....	198

## LISTA DE SIGLAS

CCT - Computer Compatible Tape

CGA - Color Graphics Adaptor

CPU - Unidade Central de Processamento

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército

EGA - Enhanced Graphics Adaptor

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

HRV - High Resolution Visible

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais

Kb - Kilo bytes

Mb - Mega bytes

MNT - Modelo Numérico do Terreno

MSS - Multi Spectral Scanner

PI - Plano de Informação

ppp - Pontos por polegada

RN - Ruggedness Number - Coeficiente de Rugosidade

SIG - Sistema de Informação Geográfica

TM - Thematic Mapper - Mapeador Temático

UTM - Universal Transverse of Mercator

VGA - Video Graphics Adaptor

## C A P Í T U L O 1

### INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

## 1. INTRODUÇÃO

O manejo integrado de uma unidade de planejamento, seja ela bacia, sub-bacia ou microbacia hidrográfica, necessita de um diagnóstico, envolvendo diversos levantamentos, como o Físico Conservacionista, Sócio-econômico, Vegetação, Solos, Ambiental, Águas, Fauna, entre outros.

O levantamento da parte Físico Conservacionista, é o primeiro e mais importante da série de levantamentos necessários ao Manejo Integrado de uma bacia hidrográfica, uma vez que neste são determinados os conflitos existentes dentro dessa bacia hidrográfica, definindo unidades de manejo.

Na definição das unidades são associados diversos parâmetros, tais como solos, declividade, energia do relevo, uso da terra, etc. Cada Unidade fica caracterizada como sendo uma microbacia, e esta se torna a unidade de trabalho.

A análise posterior leva a conclusão de que uma sub-bacia tem tendência agrícola, florestal (conservação) ou pecuária.

Uma vez definida a tendência da microbacia, pode-se:

- Classificar as terras propícias aos reflorestamentos, pastagens e cultivos agrícolas, recomendando tais práticas, e fazendo a distribuição espacial em mapas;
- Recomendar os reflorestamentos, por microbacias e operações periféricas, visando a retenção das águas de chuvas, forçando a sua infiltração;

- Sugerir a criação de florestas energéticas, ecológicas e econômicas, para atender a conservação biológica e demanda locais. Os demais diagnósticos levam a resultados não menos importantes.

A definição dos diversos parâmetros, que pela sua associação definirão as unidades de manejo (microbacias) e ajudarão na tomada de decisões, exige um conhecimento multidisciplinar, onde o sistema de sobreposição de mapas, elaborados em folhas transparentes, com cruzamentos limitados a poucos mapas, teve sua eficiência aumentada, uma vez que o uso de computadores veio resolver grande parte dos problemas de tempo, mão-de-obra e da pouca precisão relativa ao volume de informações.

Muitas vezes tem-se necessidade de dispor em um curto espaço de tempo, de informações georeferenciadas confiáveis e precisas, como recurso de apoio ao planejamento e a tomada de decisão.

Neste contexto, a evolução dos computadores, seja em memória, periféricos ("HARDWARE") ou programas ("SOFTWARE") propiciou o desenvolvimento de sistemas de informação, destinados ao processamento de dados referenciados geograficamente, desde a sua aquisição até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos em meio magnético, entre outros, oferecendo condições para a sua estocagem, armazenagem, cruzamentos e análise.



## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. OBJETIVO GERAL:

Este trabalho teve como objetivo geral desenvolver um Sistema Integrado de Manejo de Bacias Hidrográficas, de modo que através do cruzamento, ordenamento e análise de informações provenientes do banco de dados e/ou de mapas, torne as tarefas de tomada de decisão, manejo e determinação de prioridades de trabalho, rápidas e melhor fundamentadas.

### 1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO:

O objetivo específico deste trabalho consiste em desenvolver "SOFTWARE's" de apoio, compatíveis com sistemas de informação geográfica, bem como testar estes "SOFTWARE's e a metodologia proposta em uma unidade de manejo (Sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande-RS).

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Para o manejo de uma bacia, sub-bacia ou micro bacia hidrográfica é necessário obter-se um diagnóstico completo. Através deste diagnóstico, pode-se alimentar um sistema, que juntamente com fatores que afetam direta ou indiretamente o grau de deterioração, fornecerá subsídios a um manejo

integrado desta unidade de manejo.

Levando-se em consideração o alto custo de um Sistema de Informação Geográfica, seja em "HARDWARE", "SOFTWARE", manutenção e operação (hora/máquina), o desenvolvimento de "SOFTWARE's" de apoio é de fundamental importância, uma vez que operações como aquisição (digitalização), armazenamento, "rasterização" e cruzamento de dados podem ser realizadas com o auxílio de "HARDWARE's" de baixo custo, micro-computadores PC-XT por exemplo.

A escolha da área teste, a sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande, deveu-se às suas características topográficas, pois localiza-se sobre formas de relevos (compartimentos) bem distintos, isto é, um acidentado, o Rebordo do Planalto, e um plano, a planície localizada na Depressão Central.

O Rebordo do Planalto caracteriza-se também pela ocupação por minifúndio, utilizada intensivamente com cultivos de subsistência em estreitos vales encaixados, e em declives impróprios para estes cultivos.

As partes mais planas da sub-bacia são ocupadas por médias propriedades, onde os cultivos tem características mais comerciais.

Os recursos hídricos desta sub-bacia, são de grande importância para a região, pois o Arroio Grande fornece água para inúmeras localidades (vilas e povoados), bem como para a irrigação de lavouras de arroz. Nas suas nascentes existem áreas de lazer (balneários) que são pontos turísticos geradores de receita para o município de Santa Maria-RS.

O Arroio Grande, nas épocas de maior precipitação, causa enormes prejuízos, inundando e isolando grandes áreas, necessitando portanto de um manejo eficiente da sub-bacia, para que suas águas sejam infiltradas, regulando o escoamento superficial.

C A P Í T U L O   2  
REVISÃO DE LITERATURA

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Área para Fins de Planejamento

As Unidades de Planejamento tradicionais, as quais devem ser trabalhadas, são: Propriedade Rural; Bacia Hidrográfica; Município; Região Fisiográfica e Estado. Dentre estas, a Bacia Hidrográfica e a Região Fisiográfica são unidades naturais, enquanto que as demais são unidades políticas de planejamento.

VALENTE e CASTRO (79), comentam que a bacia hidrográfica é uma ótima unidade para estudo e planejamento integrado de recursos naturais renováveis.

ROCHA (65), recomenda começar a recuperar o Meio Ambiente pelas Bacias Hidrográficas (como unidades básicas), as quais subdivididas em Sub-bacias e Microbacias, tem mostrado grande eficiência em trabalhos de campo, conforme recomendado também pelo Programa Nacional de Microbacias.

O mesmo autor recomenda também, que se definam certos termos, para que os técnicos possam se comunicar em uma linguagem comum, e entre os vários conceitos, os mais importantes, definidos pelo autor são:

- Manejo Integrado e Gerenciamento;
- Projeto Integrado de Manejo de Bacias Hidrográficas;
- Conflitos de Uso da Terra;

O Manejo Integrado de uma Bacia Hidrográfica segundo ROCHA (65), refere-se as partes técnicas e científicas usadas na montagem do Projeto Integrado, como por exemplo, as metodologias usadas na elaboração dos diagnósticos, já o Gerenciamento de uma Bacia Hidrográfica refere-se as partes administrativas e políticas relativas ao Projeto Integrado. Ambos participam concomitantemente, das três fases fundamentais do Projeto Integrado; Elaboração, Execução e Autogestão (Auto Administração).

Projeto Integrado de Manejo de Bacias Hidrográficas, conforme o autor acima, é uma proposta educativa e corretiva, com a finalidade de preservar o que não está deteriorado e recuperar o meio ambiente deteriorado, sugerindo as melhores alternativas para a proteção e conservação da natureza, melhorando substancialmente a qualidade de vida do homem e da sociedade, permitindo o uso científico contínuo dos recursos naturais.

Conflitos de Uso da Terra, o autor entende como sendo cultivos agrícolas ou pastagens desenvolvidos em áreas impróprias (cultivos agrícolas em terras de capacidade de uso das classes V, VI, VII ou VIII, ou em locais com Coeficientes de Rugosidade classe B, C ou D e também cultivos agrícolas em áreas apropriadas, porém com declividades médias acima de 10% ou 15%, sem tratos conservacionistas.

Os conflitos de uso da terra são os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamentos de rios, barragens e açudes, pelas enchentes e efeitos das secas, e na análise destes, os desmatamentos, as queimadas e as áreas

desertificadas são considerados para efeito de deterioração física ambiental.

#### 2.1.1. Bacia, Sub-bacia e Microbacia Hidrográfica

VALENTE e CASTRO (79) conceituam bacia hidrográfica como sendo uma área de terra drenada por um determinado curso d'água e seus afluentes, limitada perifericamente pelo chamado divisor d'águas.

ROCHA (65) conceitua Bacia Hidrográfica como sendo a área que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente passando por uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago, e estas, não possuem dimensões superficiais definidas.

De acordo com a COORDENADORIA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA (20), a bacia hidrográfica é uma unidade física, bem caracterizada, que se refere a uma área de terra drenada por um ou vários cursos de água, limitada perifericamente pelo divisor d'águas.

Sub-bacia Hidrográfica segundo ROCHA (65), possui o mesmo conceito da Bacia Hidrográfica, porém o desague se dá diretamente em outro rio. As Sub-bacias Hidrográficas têm dimensões superficiais variando entre 20.000 a 300.000 ha. Estas áreas podem variar de acordo com a região e País. O limite inferior (20.000 ha), refere-se a área máxima que uma equipe de campo pode e deve trabalhar em um Manejo Integrado

ou em um Gerenciamento. O limite superior (300.000 ha) se restringe ao fato de ser uma área facilmente manuseável no sistema cartográfico tradicional do Sul do País (cartas em 1:50.000 por exemplo). Estes dados são válidos para o Sul do Brasil, Uruguai e Norte da Argentina, e são provenientes de experiências de campo.

O autor acima diz que o conceito de Microbacia Hidrográfica é também o mesmo da Bacia Hidrográfica, acrescido do enfoque que o desague se dá também em outro rio, porém a dimensão superficial da Microbacia é menor que 20.000 ha. Pode haver Microbacia até de 10, 20, 50, 100, 500 has. Sub-bacias maiores que 300.000 has, para efeito de Planejamento Integrado, deverão ser divididas em duas ou quantas forem necessárias.

ROCHA (65) comenta ainda que a Bacia, Sub-bacia ou Microbacia Hidrográfica são formadas por divisores de água e uma rede, padrão ou sistema de drenagem, rica em ravinas, canais e tributários, caracterizados pela sua forma, extensão, densidade e tipo. Estes componentes retratam as águas superficiais e sub-superficiais referindo-se diretamente as águas de escoamento por saturação que estão relacionadas com a capacidade de campo do solo.

#### 2.1.2. Manejo de Bacias Hidrográficas

VALENTE e CASTRO (79) comentam que o manejo de bacias hidrográficas engloba todos os tratamentos que venham a



sofrer os recursos naturais da bacia hidrográfica, visando assegurar o máximo suprimento de água em qualidade e quantidade, dentro de princípios técnicos e econômicos. No tocante a qualidade de água, envolve o estudo de todos os recursos da bacia, que de um modo ou de outro, venham a alterar as condições exigidas para um uso específico.

ROCHA (66) diz que o manejo de bacias hidrográficas visa recuperar a bacia, regularizando o seu fluxo de água, diminuindo a erosão e por conseguinte o assoreamento do rio principal e seus afluentes, fornecendo água de boa qualidade e em abundância para irrigação, principalmente na época de estiagem. A erosão, consequência do desmatamento depredatório, desequilibra o ecossistema causando prejuízos irrecuperáveis a curto e a médio prazo. A recuperação sinecológica da bacia, somente é possível através do seu manejo correto e planejado.

BARROSO (05) citando LOPEZ e HERNANDES diz que os autores informam que em regiões tropicais, o manejo de bacias hidrográficas visa diminuir os processos erosivos e os danos causados por sedimentação e inundação, a regularização do regime hidrológico e a obtenção de água de boa qualidade. Para isso, exige a combinação de medidas que possibilitam a correção de torrentes, o manejo silvo-pastoril e a racionalização de práticas agrícolas e pecuárias.

A COORDENADORIA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA (20) diz que é importante a análise global de regiões, visando ao uso múltiplo, contínuo e econômico, buscando um equilíbrio com a natureza e aptidão dos solos. Em outras palavras, é necessário que se analise, a nível de bacias hidrográficas ou

microbacias, o uso das terras, visando o aproveitamento integrado e racional dos recursos naturais.

O mesmo autor comenta que após estabelecidas as microbacias prioritárias, com a participação institucional e comunitária do município envolvido, elabora-se o planejamento conservacionista, através do Plano Municipal de Microbacias Integradas.

## 2.2. Informações Georeferenciadas

MADRUGA e PEREIRA (40) conceituam informações georeferenciadas como sendo todas as informações que permitem uma associação segundo um sistema de coordenadas cartesianas, local ou universalmente aceitas. As informações georeferenciadas classificam-se conforme a sua obtenção em atributos espaciais e não espaciais, sendo atributos espaciais todas as formas de mapas e cartas, e os não espaciais, todas as informações que caracterizam uma entidade (objeto-evento). Estes atributos não espaciais, fazem parte do banco de dados, podendo serem consultados ou cruzados entre si, ou com os atributos espaciais, gerando novos dados.

No manejo integrado de bacias hidrográfica, segundo os autores acima, são necessários os seguintes atributos:

- Atributos espaciais:

• Mapa base;

- „ Mapas temáticos

- Mapa Geológico/Geomorfológico;

- Mapa de Uso da Terra (vegetação, agricultura, pastagem, estradas, etc.);

- Mapa de Classes de Declividade;

- Perfil topográfico;

- Hidrografia;

- Mapa de Classes de Coeficiente de Rugosidade (Ruggedness Number - RN);

- Mapa de Solos;

- Potencial de erosão do solo;

- Mapa de capacidade de uso da terra;

- Atributos não espaciais

- „ Localização geográfica da unidade de manejo;

- „ Área;

- „ Densidade populacional;

- „ Características Morfológicas:

- Comprimento da vazão superficial;

- Densidade de Drenagem;

- Sinuosidade dos Cursos D'água;

- Padrões de Drenagem;

- índice de Circularidade;

- índice de Forma;

- Declividade Média;

- Coeficiente de Compacidade;

### 2.2.1. Atributos Espaciais (Mapas)

Os atributos espaciais subdividem-se em mapa base e mapas temáticos.

#### 2.2.1.1. Mapa Base

MADRUGA e PEREIRA (40), comentam que a elaboração do mapa base fundamenta-se na restituição fotogramétrica, ou na topografia convencional, dependendo do tamanho e das características da área a ser levantada.

Os mesmos autores salientam que esse mapa serve de ferramenta básica para a geração dos demais mapas temáticos, necessários ao banco de dados de atributos espaciais.

#### 2.2.1.2. Mapas Temáticos

A elaboração dos mapas temáticos fundamenta-se nas atividades de fotointerpretação em imagens orbitais e/ou suborbitais e em atividades de campo.

Os diferentes mapas ou cartas temáticos, necessários ao manejo integrado de uma bacia hidrográfica, são descritos conforme a sua importância.

#### 2.2.1.2.1. Mapas Geológico e Geomorfológico

O estudo das informações obtidas nestes mapas contribui para a elaboração de mapas de solos, e indiretamente na delimitação da capacidade de uso da terra.

PEREIRA (55) salienta que as informações geológicas são caracterizadas em micro-áreas, através da presença de diferentes associações de minerais em grupos geológicos. A localização e caracterização desses grupos no espaço físico, permite a elaboração de mapas temáticos.

O autor acima comenta que a nível mais generalizado, mas também de igual importância, os estudos geomorfológicos permitem informações relacionadas às formas de relevo e sua origem, que podem muitas vezes explicar a forma de exploração de uma determinada região.

CHRISTOFOLETTI (17) discorrendo sobre Geomorfologia Fluvial, diz que englobando o estudo dos rios e das bacias hidrográficas, a geomorfologia fluvial coloca-se, na atualidade, entre os setores mais dinâmicos desse campo científico. A dinâmica e as formas topográficas resultantes da ação fluvial sempre chamaram a atenção dos pesquisadores.

O mesmo autor comenta ainda que contribuições inseridas no contexto da análise das formas do relevo e dos processos que lhe são inerentes, procurando compreender a dinâmica do modelado terrestre. Considere-se essa perspectiva como a mais útil, pois permite diagnosticar o funcionamento das formas topográficas e prever as consequências que poderão acontecer caso sejam rompidas determinadas

circunstâncias ambientais. Por essa razão, embora tratadas como fenômeno da natureza, as implicações humanas são evidentes, tanto as sociais como as econômicas.

PENTEADO (54) explica que a Geomorfologia procura entender a forma da terra e elucidar os processos que operam na sua superfície. Essa meta, por si só, nos dá ideia da complexidade dos processos e fenômenos envolvidos.

O mesmo autor salienta que o campo de estudo geomorfológico é, pois, uma superfície de contato, que une a parte sólida do globo: a litosfera, com os seus envólucros: líquido e gasoso. Como todas as superfícies de contato, a superfície da litosfera é o reflexo de um equilíbrio móvel entre forças de natureza diferente. Essas forças têm sua origem no interior da Terra: processos endógenos, e no exterior, processos exógenos, referentes à atmosfera-hidrosfera e biosfera. Esse campo é dinâmico porque as forças agem e reagem, gerando um sistema de interferências. A análise e o estudo dos fenômenos gerados dessa complexidade de ações deve ser feita sob dois aspectos básicos: o estático e o dinâmico, para que possa atender ao duplo objetivo da Geomorfologia:

1º - Fornecer descrição explicativa e inventário detalhado das formas;

2º - Analisar os processos que operam na superfície terrestre.

No primeiro caso a Geomorfologia se preocupa com o aspecto estático da paisagem (anatomia da paisagem), e no segundo, com o aspecto dinâmico.

Esses dois aspectos, descritivo e genético, são interligados e um exige dados do outro.

#### 2.2.1.2.2. Mapas de Uso da Terra

BELTRAME (09) diz que no planejamento integrado de uma bacia hidrográfica, o conhecimento do uso atual da terra é um pré-requisito importante. Este, ao ser representado de forma cartográfica, transforma-se em material indispensável para a definição do grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual, do grau de degradação da cobertura vegetal original, do uso racional da terra, auxiliando também na definição da aptidão do uso agrícola.

FUCHS (28) comenta que a expressão uso da terra, pode ser compreendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra consiste em mapear e avaliar qualitativamente e quantitativamente tudo o que existe sobre a litosfera. Através deste tipo de levantamento pode-se conhecer a deterioração causada ao ambiente pelo uso desordenado das terras. Os processos de erosão, inundações e assoreamentos de cursos d'água são algumas das consequências do mau uso das terras.

De acordo com ROCHA (67) o levantamento de Uso da Terra consiste em mapear tudo o que existe sobre a litosfera, e para facilitar a identificação dos elementos, devem eles ser convencionados utilizando-se uma simbologia adequada, prática e objetiva. Este levantamento é indispensável para o

Planejamento Físico Rural, pois é um dos melhores indicativos das propriedades do solo.

Conforme INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (36) as informações atualizadas sobre o uso da terra e sua distribuição, são essenciais para o manejo eficiente dos recursos agrícolas e florestais, havendo a necessidade sempre crescente de atualização constante dos registros de uso da terra, para que suas tendências possam ser analisadas.

GIOTTO (29) diz que o alto índice de crescimento da população e a aceleração do desenvolvimento industrial, juntamente com o desejo dos povos de melhorar o seu nível de vida, tem exercido considerável pressão na utilização dos recursos naturais nos países em desenvolvimento, e que tem sido necesssário empregar técnicas adequadas para o inventário dos recursos existentes sobre a superfície da terra, que permitam uma avaliação mais eficiente, com menores custos e tempo.

KELLER (38) destaca a importância dos levantamentos do uso da terra nos planejamentos que visam sistematizar uma utilização correta das mesmas, advertindo que a ausência de estudos de utilização da terra, em países subdesenvolvidos, torna possível apenas a formulação de esquemas muito generalizados de desenvolvimento, salientando também a evidência de que, a menos que o uso da terra seja conhecido e compreendido em seus parâmetros quantitativos, os projetos de desenvolvimento podem trazer mais prejuízos que benefícios à estrutura econômica existente.



SOUZA COELHO (75) discorrendo sobre o levantamento do uso da terra comenta que é um estudo visando a avaliação dos recursos do solo quanto à sua capacidade produtiva, localização e estimativas de terras adequadas ou mal aproveitadas, bem como o estudo de técnicas que visam o melhoramento de áreas depauperadas pelo uso inadequado ou naturalmente deficientes.

Segundo PLANALSUCAR (60) o inventário da produção agrícola, com o conseqüente levantamento do uso da terra, é uma atividade imprescindível para o planejamento racional da política econômica no País.

GIOTTO (29) e igualmente IBDF/UFSM (34) recomendam que os levantamentos de uso da terra devem receber importância redobrada, pois além de permitirem avaliar as alterações provocadas pela ação antrópica, fornecem informações essenciais para o manejo eficiente dos recursos naturais.

SANTOS et alii (72) dizem que o planejamento de atividades agropastoris de grandes áreas, localizadas sobre ecossistemas naturais deve ser alicerçado em informações recentes e confiáveis, salientando que uma das condições básicas para fazer um monitoramento de recursos naturais de uma região é a necessidade de se obter dados sequenciais que mostrem a evolução do capital empregado na utilização do recurso.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (36) enfatiza que informações atualizadas sobre o uso da terra e a sua distribuição espacial, são de vital importância para o manejo dos recursos agrícolas e florestais, e que as tendências do

uso da terra devem ser analisados a partir de uma atualização constante dos registros do uso da terra.

#### 2.2.1.2.2.1. Mapeamentos de Uso da Terra com Imagens Orbitais

BELTRAME (08) diz que o sensoriamento remoto mostra-se como um recurso eficiente e viável de ser utilizado em trabalhos de monitoramento do uso da terra, e que no mapeamento temático para uso do solo a partir de imagens multiespectrais digitais do satélite LANDSAT 5 (Mapeador Temático), deve-se estar atento às seguintes influências:

- às características da área em estudo (região plana ou montanhosa);
- às variações do ângulo de radiação solar, tanto diárias como nas distintas estações do ano;
- às variações de localização regional (nordeste, sudeste, sul, etc.);
- ao maior conhecimento de campo;
- ao tamanho, número e posição das amostras na paisagem;
- à escolha das bandas;
- à interferência dos efeitos atmosféricos (nebulosidade principalmente);
- ao albedo (relação entre a luz refletida pela superfície terrestre e a luz que esta recebe do sol);
- à resolução intrínseca da imagem.

ANDERSON et alii (04) ao se referirem a níveis de classificação do uso da terra e às legendas compatíveis, propõem que o Nível I seja o que utiliza dados orbitais, exemplo LANDSAT, comentando ainda que as informações do Nível I são de interesse para levantamentos de uso atual da terra em âmbito nacional e estadual. Segundo os autores o sistema de classificação do uso da terra para o nível I é o seguinte:

- 1 - Terra urbana construída;
- 2 - terra agrícola;
- 3 - pastagens;
- 4 - terras florestais;
- 5 - águas;
- 6 - terra úmida;
- 7 - terra árida;
- 8 - tundra;
- 9 - neve.

Os autores comentam que este nível objetiva o fornecimento de uma sistemática de classificação de uso da terra para ser usada em planejamentos e administração.

IBDF/UFMS (34) relata que as imagens orbitais permitem levantamentos de uso da terra em primeira aproximação ao nível de reconhecimento, possibilitando a classificação do levantamento no 3º nível categórico do uso da terra segundo consta no relatório. Para se ter um aumento de precisão e chegar-se ao 5º nível que é o detalhamento, é necessário o

auxílio de fotografias aéreas verticais com escala conveniente, e uma maior intensidade no processo de reambulação.

LEPCH citado por MONIZ (43) diz que as escalas de 1:50.000 a 1:100.000 são escalas utilizadas em levantamentos de reconhecimento, e que tais levantamentos possibilitam a avaliação do potencial agrícola de uma região.

BATISTA et alii (06) concluíram que a utilização de imagens orbitais para a identificação e avaliação de áreas ocupadas com culturas de pequenos campos apresentavam limitações devido a resolução.

Em relação a resolução (tamanho do pixel), ALMEIDA (02) recomenda que levantamentos com imagens orbitais sejam feitos a nível regionais e municipais.

NOVO (48) discorrendo sobre a análise e monitoramento do uso da terra comenta que o termo Uso da Terra refere-se a utilização "cultural" da terra, enquanto que o termo "cobertura da terra" ou "land cover" refere-se a seu revestimento. Um exemplo desta diferenciação é o de áreas florestais que, embora sejam de um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas biológicas, etc. Deste modo, um sistema de classificação de uso da terra não pode basear-se apenas em dados de Sensoriamento Remoto, que fornecem principalmente informações sobre a cobertura do solo.

O autor ainda cita que um dos aspectos fundamentais de aplicação de Sensoriamento Remoto ao mapeamento do uso da terra é a definição do sistema de classificação. A função é

fornecer um quadro de referência para a organização da informação.

BATISTA et alii (07) relatam a experiência de utilização de fotografias aéreas e imagens MSS-LANDSAT na estimativa de área plantada com cana-de-açúcar, na região de Araçatuba e Guararapes.

SANTOS et alii (73) estudaram a utilização de dados MSS-LANDSAT para avaliar a degradação das pastagens implantadas na Amazônia.

#### 2.2.1.2.3. Mapas de Classes de Declividade

Segundo VILLELA e MATTOS (80) a declividade em uma bacia hidrográfica tem importância fundamental na velocidade de escoamento superficial e portanto, com fortes implicações no processo de erosão dos solos.

Os autores apresentam o método estatístico para a determinação da declividade, que consiste em associar quadrículas à um vetor. Nesse método, determina-se a distribuição porcentual das declividades usando-se uma amostragem estatística representativa dessas declividades normais as curvas de nível. Os pontos devem ser locados em um mapa topográfico.

DUARTE (23) define declividade como sendo a inclinação do relevo em relação à linha do horizonte, ou mais tecnicamente, como sendo a tangente trigonométrica da inclinação de uma linha do relevo relacionada com a linha do

horizonte.

Esta inclinação forma um ângulo com este plano horizontal, que é dado pela relação matemática abaixo:

$$D = \operatorname{tg} a = dn/dh$$

ou

$$D\% = dn/dh \cdot 100$$

onde:

a - ângulo de inclinação do terreno com o plano horizontal;

$D\%$  - declividade em porcentagem;

dn - diferença de nível entre dois pontos;

dh - distância horizontal entre esses dois pontos.

FUCHS (28) comenta que diversos autores dedicaram-se a analisar a influência da declividade nas formas de uso da terra, procurando também metodologia adequada para definições das classes de declividade. O mesmo autor discorrendo sobre a influência do relevo nas formas de ocupação humana comenta que o solo, elemento básico da agricultura, não é somente o suporte fundamental sobre o qual se fixam as plantas, como também a fonte de nutrientes para as mesma, e este solo, quando não for bem manejado, está sujeito a fenômenos de

depauperação, e estes dependem não somente das condições naturais em que se encontra o solo, como cobertura vegetal e topografia, mas também do manejo que vem sendo dispensado, como distribuição da cobertura vegetal, desmatamento não racional ou uso intensivo com a agricultura em locais muito declivosos.

COOKE e DOORNKAMP citado por ALMEIDA (02) afirmam que a declividade é uma variável reveladora das aptidões e limitações do uso do solo.

MARQUES et alii (42) referindo-se sobre a classificação e o mapeamento da declividade do terreno, afirmam que estes são indispensáveis nos levantamentos de uso da terra e constituem elemento de maior importância no condicionamento de sua potencialidade de utilização.

ABAD (01) comenta que as variações de vegetação se relacionam com a variação da topografia de uma região, e a frequência das espécies existentes em cada tipo de morfologia, reforça a constatação de que a topografia influi diretamente na vegetação. Sobre uma mesma área distinguem-se tipos de vegetação, solos, litologia e estrutura, devendo-se esta distinção principalmente à variação das formas de relevo.

Comenta ainda o mesmo autor que dentro de um sistema morfoclimático, existem subsistemas completamente definidos, isto é, subsistemas para zonas planas e outros para zonas acidentadas.

Com referência a delimitação das áreas de diferentes ocupações do Rio Grande do Sul, MORENO (45) relaciona-as com diversas variáveis, entre elas o relevo. Os campos aparecem em

terrenos planos ondulados, enquanto as matas dominam os terrenos inclinados e escarpados. Já a paisagem de campo com capão aparecem nos patamares mais ondulados do Planalto. As diferentes formas de ocupação se processaram nos campos desenvolveu-se a pecuária e nas matas a agricultura. Com o avanço da ocupação agrícola, os colonos procuraram áreas para suas lavouras ocupando muitas vezes as não propícias, derrubando matas em áreas mais acidentadas ou ao longo dos rios, por serem estas zonas mais férteis, acarretando com isso a transformação dos rios, a lixiviação dos solos e a erosão. Apesar de os solos de mata serem mais férteis, a topografia constitui-se numa limitação do uso destes solos, pois o excesso de declividade determina o aceleração da erosão da camada fértil. Sendo assim, a topografia é um fator limitante para o desmatamento e, conseqüentemente, limita a expansão do espaço agrícola.

A inclinação de vertentes segundo DE BIASI (22), pode ser expressa planimetricamente a partir de um mapa de declividade.

ESPARTEL (25) apresenta um mapa de declividade como a forma de indicar as configurações do relevo no que tange às inclinações das vertentes. O mesmo autor comenta que para o planejamento regional, os mapas de percentagens de declividade tem sido consideradas elemento básico e tem por objetivo indicar a correta utilização do terreno, bem como o seu melhor aproveitamento, recomendando o emprego de mapas de declividade relacionadas com outros estudos geográficos e, entre estes, cita o uso da terra.



Existem muitos processos e métodos de determinação da energia do relevo, THOFEHRN (77) salienta que são esses processos e métodos em sua maioria dependentes da manipulação da curva de nível, destacando que a energia do relevo é um fator determinante do aproveitamento agrícola.

DE BIASI (22) diz que a manipulação da curva de nível de um carta topográfica é um método de obtenção de medidas altimétricas para a determinação da inclinação de vertentes.

Para CARNEIRO (12), é fundamental no planejamento de técnicas conservacionistas a elaboração de um mapa de declividade das bacias hidrográficas, para se determinar o correto uso da terra.

FUCHS (28) comenta que do ponto de vista estritamente prático, a declividade do terreno é de grande interesse para uma gama de atividades, tais como: conservação do solo; determinação da capacidade de uso da terra; planejamento agropecuário e florestal; seleção de áreas mecanizáveis; manejo de bacias hidrográficas e propósitos de conservacionismo.

Para levantamentos de capacidade de uso da terra segundo MARQUES et alii (42), é indispensável a classificação e o mapeamento da declividade do terreno, por ser este um dos elementos de maior significância do condicionamento de sua possibilidade de utilização.

#### 2.2.1.2.3.1. Perfil Topográfico

COMASTRI (18) conceitua perfil como sendo a representação no plano vertical das diferenças de nível, cotas ou altitudes, obtidas em um nivelamento. Segundo o autor, a união desses elementos por linhas retas ou curvas, constitui a representação gráfica do perfil do terreno estudado.

RAISZ (62) descreve que a solução de quase todos os problemas práticos ligados a curva de nível é completada com a ajuda de um desenho da seção vertical ou perfil. Esse autor afirma que os perfis facilitam a visualização da inclinação do terreno ao longo de uma determinada linha.

OLIVEIRA (49) cita alguns critérios adotados para o desenho de um determinado perfil:

- 1º) Deve-se partir da altitude exata em qualquer extremidade;
- 2º) Distinguir entre descidas e subidas, quando existem duas curvas sucessivas de igual valor;
- 3º) Desenhar rigorosamente o contorno dos picos (se pontiagudos ou achatados).

#### 2.2.1.2.4. Mapas de Hidrografia

SALLES (71) discorrendo sobre a importância da análise de bacias hidrográficas mediante a utilização de sistemas computacionais, que permitam o estudo de problemas

hidrológicos de forma exclusivamente quantitativa, cita que há necessidade de desenvolvimento de algoritmos apropriados para as finalidades específicas.

ROCHA (65) classifica hierarquicamente a drenagem em três elementos básicos: Ravinas, canais e tributários. O autor classifica como ravinas os drenos naturais que iniciam na linha divisora de águas, e vão até os sulcos definidos no terreno, provocando o início do processo de erosão. Como canais, entende o autor que são drenos naturais que iniciam após o término das ravinas, desenvolvendo-se até a base das encostas, e nesses canais constata-se as erosões. A drenos naturais que se desenvolvem após o término dos canais, o autor denomina de tributários, e estes contribuem para o estudo das estruturas geológicas e geomorfológicas.

#### 2.2.1.2.5. Classes de Coeficiente de Rugosidade

(Ruggedness Number - RN)

CARNEIRO (14) comenta que o Coeficiente de Rugosidade é a relação existente entre o produto da densidade de drenagem da sub-bacia hidrográfica pela declividade média dessa sub-bacia, e é um parâmetro útil para estudos hidrológicos, visto que o deflúvio potencial de uma sub-bacia, guarda estreita relação com o seu RN. Quanto maior for o RN, maior será o deflúvio potencial da mesma.

PEREIRA FILHO (56) discorrendo sobre o Coeficiente de Rugosidade comenta que é um coeficiente que direciona o uso

potencial da terra com relação as suas características para a agricultura, pecuária ou reflorestamento. Concluindo que existe alta correlação entre a Capacidade de Uso da Terra e o Coeficiente de Rugosidade, ao nível de 0,05% de erro.

BARROSO (05) recomenda a análise dos conflitos entre o Uso da Terra e o Coeficiente de Rugosidade para fins de Manejo de Bacias Hidrográficas, com referência a agricultura, pecuária e reflorestamento.

ROCHA (68), que pesquisou a equivalência entre a determinação da Capacidade de Uso da Terra e o RN, conseguiu uma apreciável equivalência entre ambos. Concluiu ainda que para o cálculo da Capacidade de Uso da Terra pode ser aplicado o Coeficiente de Rugosidade com equivalência das classes de Capacidade de Uso da Terra previstas no Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra com as classes do Coeficiente de Rugosidade.

Através do Coeficiente de Rugosidade, conforme CARNEIRO e CARVALHO (13), as terras de uma região podem ser classificadas ao nível de reconhecimento ou mesmo semi-detalhado, visto a grande quantidade de informações que estão contidas nos dois parâmetros básicos (densidade de drenagem e declividade média), envolvidos na determinação dos Coeficientes de Rugosidade.

MOREIRA DE CHRISTO (44) elaborou o Diagnóstico Físico-Conservacionista de uma Sub-bacia Hidrográfica utilizando o Coeficiente de Rugosidade, concluindo que o método permitiu através da análise dos Conflitos existentes entre o Uso da Terra e os Coeficientes de Rugosidade, de

maneira prática e econômica, avaliar a situação da região e estabelecer as medidas a serem tomadas para a total recuperação física da Sub-bacia estudada.

SMITH citado por ROCHA (65), classificou o RN em 4 classes que definiu como A, B, C e D, onde:

A = terras apropriadas para agricultura;

B = terras apropriadas para pastagens;

C = terras apropriadas para pastagens e reflorestamento;

D = terras apropriadas para reflorestamento.

#### 2.2.1.2.6. Mapas de Solos

ROCHA (65) discorrendo sobre o uso de mapas de solos, no Diagnóstico do Solo, comenta que nestas são assinaladas as unidades de solos com as suas características físicas, químicas e biológicas, com nomenclatura atualizada e distribuição espacial definida.

O mesmo autor salienta que é em função da Mapa de Solos que se planeja o uso racional das microbacias com relação aos cultivos agrícolas, gramináceas de inverno e de verão e reflorestamentos, visando usar e conservar o meio ambiente constantemente. Um relatório final (contido no banco de dados) deverá especificar toda a operacionalidade de recuperação ambiental pelo uso adequado dos solos, enfocando sugestões de adubação e calagem para os plantios objeto do planejamento.

#### 2.2.1.2.7. Mapas do Potencial de Erosão do Solo

O mapa do potencial de erosão do solo (processos de risco, tem importância na determinação de áreas propícias a agricultura, uma vez que conforme o potencial de erosão de um solo associar-se-á uma determinada técnica conservacionista.

MADRUGA e PEREIRA (40) informam que o mapa do potencial de erosão do solo, tem importância principalmente em atividades relacionada a silvicultura e as intervenções com vista a exploração florestal.

Os mesmos autores comentam que esse mapa é obtido cruzando-se informações provenientes da topografia, unidades de solos, uso da terra, geologia, precipitação pluviométrica, entre outros elementos.

O potencial de erosão do solo por classe de uso da terra, confeccionado por um sistema de informação geográfico, é apresentado em forma de fluxograma, conforme Figura 01.

#### 2.2.1.2.8. Mapas de Capacidade de Uso da Terra

Este mapa é elaborado a partir das interações entre as variáveis: unidades de solo, classes de declividade, uso da terra, hidrografia e clima.

Segundo MADRUGA e PEREIRA (40) o mapa de capacidade de uso da terra tem seu produto final apresentado sob a forma de uma determinada codificação, representando oito classes de capacidade de uso, numeradas em algarismos romanos,

# POTENCIAL DE EROSAO DO SOLO POR CLASSE DE USO DA TERRA

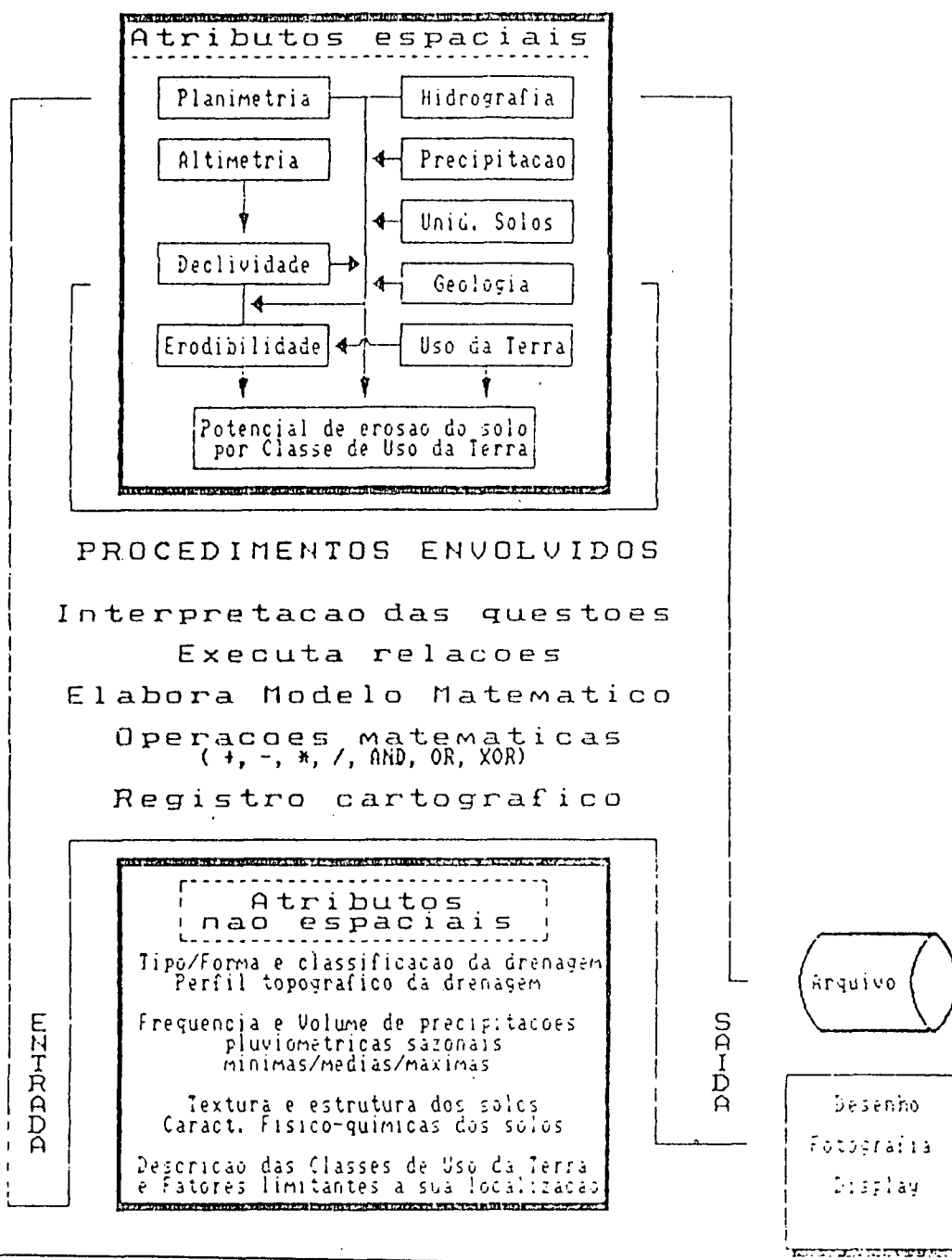


Figura 01. Potencial de erosão do solo por classe de uso da terra. Fonte: MADRUGA e PEREIRA (40)

acompanhadas de uma identificação (letra ou número), que identificam a natureza da limitação (Tabela 01).

Tabela 01. Categorias, Classes e Sub-Classes de Capacidade de Uso da Terra. Fonte: MA-INCRA (41)

CATEGORIA	CLASSE	SUB-CLASSE
A	III	-
B	IV	IV <sub>j</sub> IV <sub>pt</sub> IV <sub>e</sub> -
C	V VI	VI <sub>a</sub> VI <sub>m</sub> VI <sub>pf</sub> VI <sub>af</sub> VI <sub>t</sub> -
D	VII VIII	- -

### 2.2.2. Atributos não Espaciais

Por atributos não espaciais, entende-se como sendo todas as informações que caracterizam uma entidade (objeto-evento), informações que não podem ser representadas geograficamente.

No manejo integrado de uma bacia hidrográfica, esses atributos são todas as informações que possam ser coletadas e/ou armazenadas em um banco de dados, com a finalidade de fornecer subsídios ao manejo integrado.

Neste sentido PEREIRA (55) propondo uma metodologia para a determinação de unidades de planificação de bacias hidrográficas, diz que a utilização de sistemas de monitoramento dos recursos naturais, tem proporcionado um volume de informações considerável, pois os levantamentos



efetuados com imagens orbitais e suborbitais, tendem a ser mais detalhados.

Comenta ainda o mesmo autor, que o detalhamento poderá trazer como consequência, muito em breve, problemas de análise dos dados existentes, se estes não forem armazenados e tratados convenientemente em um banco de dados.

O mesmo autor recomenda o desenvolvimento de sistemas próprios para tratamentos de dados de recursos naturais, que atendam ao estabelecimento de planejamento destes recursos naturais, minimizando-se custos de aquisição e operacionalização de "SOFTWARE", muitas vezes não específicos aos objetivos propostos.

### 2.3. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

A evolução dos computadores, seja em memória, periféricos ou pacotes, propiciou segundo MADRUGA e PEREIRA (40), o desenvolvimento de sistemas de informação destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente, desde a sua aquisição até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos em meio magnético, etc.; provendo recursos para a sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise.

FELGUEIRAS et alii (26) conceituam SIG como sendo estes, bancos de dados capazes de armazenar, recuperar e manipular informações digitais, georeferenciadas, provenientes de imagens, mapas e MNT, e estes sistemas devem, além disso, fornecer ferramentas computacionais que permitam analisar e integrar essas informações com o objetivo de se obter soluções

rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados contidos no sistema.

CASTAÑEDA FILHO (15) comenta que a literatura especializada propõe uma série de variantes para a definição de um SIG, e que em síntese, elas convergem para o seguinte: Sistema automatizado, específico para aquisição, gerenciamento, análise e apresentação de dados do espaço geoambiental.

BURROUGH (11) diz que o projetista de um SIG pode esperar que o usuário tenha um número ilimitado de questões à serem respondidas, a partir de uma combinação de dados ou então de uma transformação dos mesmos. Deve-se considerar também, que o número de questões apresenta uma amplitude ilimitada. Contudo, o SIG deve atender as seguintes questões críticas:

- Onde está o objeto A ?;
- Onde está o objeto A em relação ao local B ?;
- Quantas ocorrências do objeto tipo A são encontrados com distância D do local B ?;
- Qual o valor da função Z na posição X ?;
- Quão grande é o tamanho de B (área, perímetro, número de inclusões) ?;
- Qual é o resultado da intersecção de várias espécies de dados espaciais ?;
- Qual é o trajeto de menor custo, resistência ou distância sobre a superfície, do ponto X para Y, sobre o caminho P ?;

- O que são os pontos X1, X2, ... ?;
- Que objetos serão os próximos objetos, tomando-se certas combinações de atributos ?;
- Reclassificar objetos com certas combinações de atributos;
- Utilizando-se o banco de dados digitais como um modelo do mundo real, simular o efeito do processo P num tempo T, para um cenário C.

Salienta ainda o mesmo autor, que algumas dessas questões são de difíceis respostas quando da utilização de métodos convencionais, como por exemplo, saber qual a proporção das diferentes espécies florestais tomadas por tipologia florestal, a partir de um mapa temático. Esta questão, certamente iria exigir um trabalho intensivo de observação e determinação sobre dados descritos ou apresentados sobre a forma de tabelas, ou então outros documentos como por exemplo, mapas temáticos em escalas compatíveis com o tipo de análise.

#### 2.3.1. Componentes de um Sistema de Informação Geográfica

Um SIG possui basicamente três importantes componentes, devendo os mesmos apresentarem compatibilidade e estarem relacionados entre si. Para que o sistema funcione satisfatoriamente, os componentes básicos devem ser: "HARDWARE", "SOFTWARE" e uma estrutura de dados apropriada.

#### 2.3.1.1. "HARDWARE"

O "HARDWARE" necessário para que se tenha uma configuração básica, na qual se possa operar um SIG satisfatoriamente, é apresentado na Figura 02. Esses, compõem-se segundo BURROUGH (11) de uma CPU (Unidade Central de Processamento), contendo uma unidade de disco rígido com capacidade de armazenamento para os dados e os programas (no mínimo 40 Mb), uma unidade de disco flexível (5<sup>1</sup>/<sub>4</sub> polegadas com capacidade de armazenamento de 360 Kb ou 1.2 Mb), uma mesa digitalizadora (A3, A2, A1, A0 ou 2A0) ou outro dispositivo para a conversão dos dados dos mapas em documentos na forma digital (por exemplo um "Scanner"), um "plotter" (traçador gráfico A1 ou A0, por exemplo), uma impressora (eletrostática, LASER, colorida A4 ou A3, etc.), ou um reproduutor de imagens em filmes, um "modem", um "mouse", uma unidade de visualização (monitor) de alta resolução, preferencialmente colorido padrão EGA/VGA.

A CPU (Unidade Central de Processamento) deverá contar com placas processadoras e controladoras.

A escolha do "HARDWARE" (parte física do SIG) deve ser efetuada com base na habilidade que o "SOFTWARE" possui de realizar manipulações e análises sobre a base de dados. Deve-se considerar também, que essa escolha não seja menos importante que a definição do "SOFTWARE" específico.

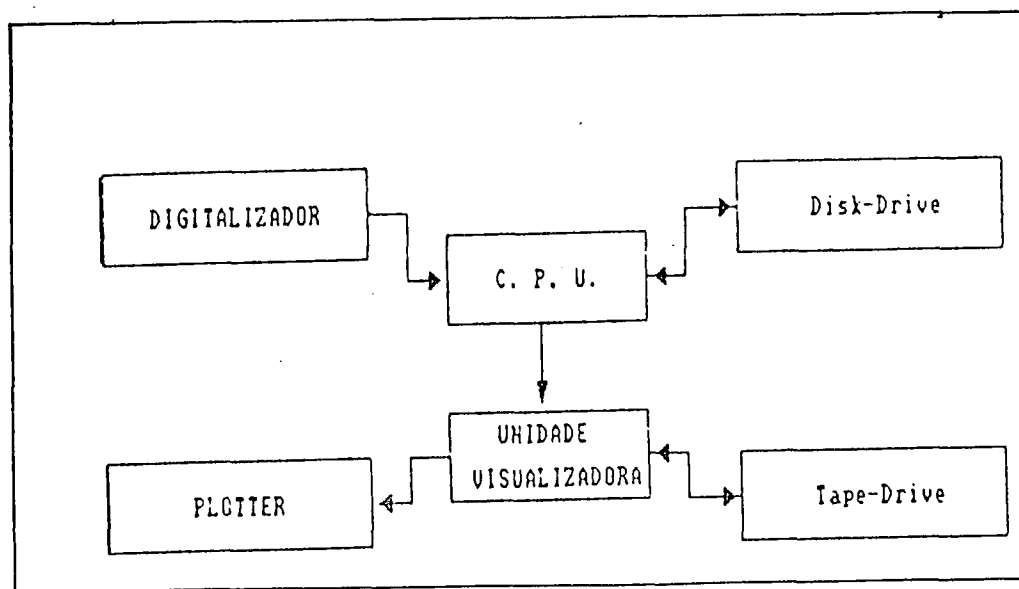


Figura 02. "HARDWARE" necessários a um SIG

Fonte: BURROUGH (11)

O desempenho de um SIG depende também, da definição da máquina no tocante a velocidade de respostas e número de usuários, que podem acessar simultaneamente a base de dados, bem como também, a sua dimensão.

IIC/UGC/IBM (35) apresenta alguns critérios ou questões à serem considerados na definição do "HARDWARE", adequados às soluções em geoprocessamento:

- Número de usuários e finalidades do acesso ao banco de dados ?;
- De que forma e até que nível os dados serão compartilhados por multiusuários ?;
- Qual o desempenho (velocidade e qualidade das

respostas) necessário para atender a demanda de produção do(s) usuário(s) ?;

- Qual a diversidade final prevista para o banco de dados ?;
- Que estrutura de dados o SIG irá manipular (vetorial ou "raster" ou uma combinação dos dois tipos) ?;
- Quais "HARDWARE's" suportam um determinado "SOFTWARE" ?;
- Quais as relações custo/desempenho ou custo/benefício considerando-se as diferentes possibilidades de escolha das plataformas existentes?;
- Como prever a expansão do sistema visando atender novos usuários, bem como as alterações necessárias na configuração de "HARDWARE" definidas ?;
- Como organizar a base de dados ? Descentralização ou centralização ?;
- Como realizar a interface do novo sistema com a disponibilidade prévia de um ambiente de processamento de dados ?.

As respostas a estas questões segundo IIC/UGC/IBM (35), devem ser definidas mediante um criterioso exame das possibilidades a nível de mercado (disponibilidade de recursos materiais e humanos) presente e futuro. As soluções podem estar baseadas na escolha de microcomputadores, minicomputadores ou ainda "Mainframes".

O autor acima comenta que recentemente essas soluções são atendidas pela escolha de "WORKSTATIONS", que apresentam baixo custo, alto desempenho e uma razoável capacidade de armazenamento, tudo isso, fruto da evolução tecnológica, que inclui entre outros, terminais gráficos de alta resolução e processadores numéricos.

Para MADRUGA e PEREIRA (40) a escolha do "HARDWARE" deve avaliar criteriosamente as soluções possíveis de serem obtidas no mercado fornecedor no que diz respeito, aos protocolos de comunicação, mecanismos de transferência de dados, acesso a bases de dados remotas e a integração dos mecanismos de acesso aos dados com os aplicativos existentes. Deve-se considerar portanto, que a implantação de um sistema de geoprocessamento não se restringe somente a aquisição de estações de trabalho ("WORKSTATIONS"). A disponibilidade de "SOFTWARE" no mercado condiciona a escolha do "HARDWARE".

Atualmente a definição de uma configuração básica para atuar em soluções de geoprocessamento, segundo os autores acima, tem seguido uma escolha híbrida, onde cada vez mais, é comum a adaptação de equipamentos já existentes nas instituições de pesquisa ou empresas por uma alternativa econômica e tecnicamente mais viável.

### 2.3.1.2. "SOFTWARE"

Os Sistemas de Informação Geográfica de acordo com BURROUGH (11) são constituídos de 5 módulos. Esses módulos básicos são subsistemas que permitem as seguintes operações:

- Entrada e verificação de dados;
- Armazenamento e gerenciamento do banco de dados;
- Apresentação e saída dos dados;
- Transformação de dados;
- Interação com o usuário.

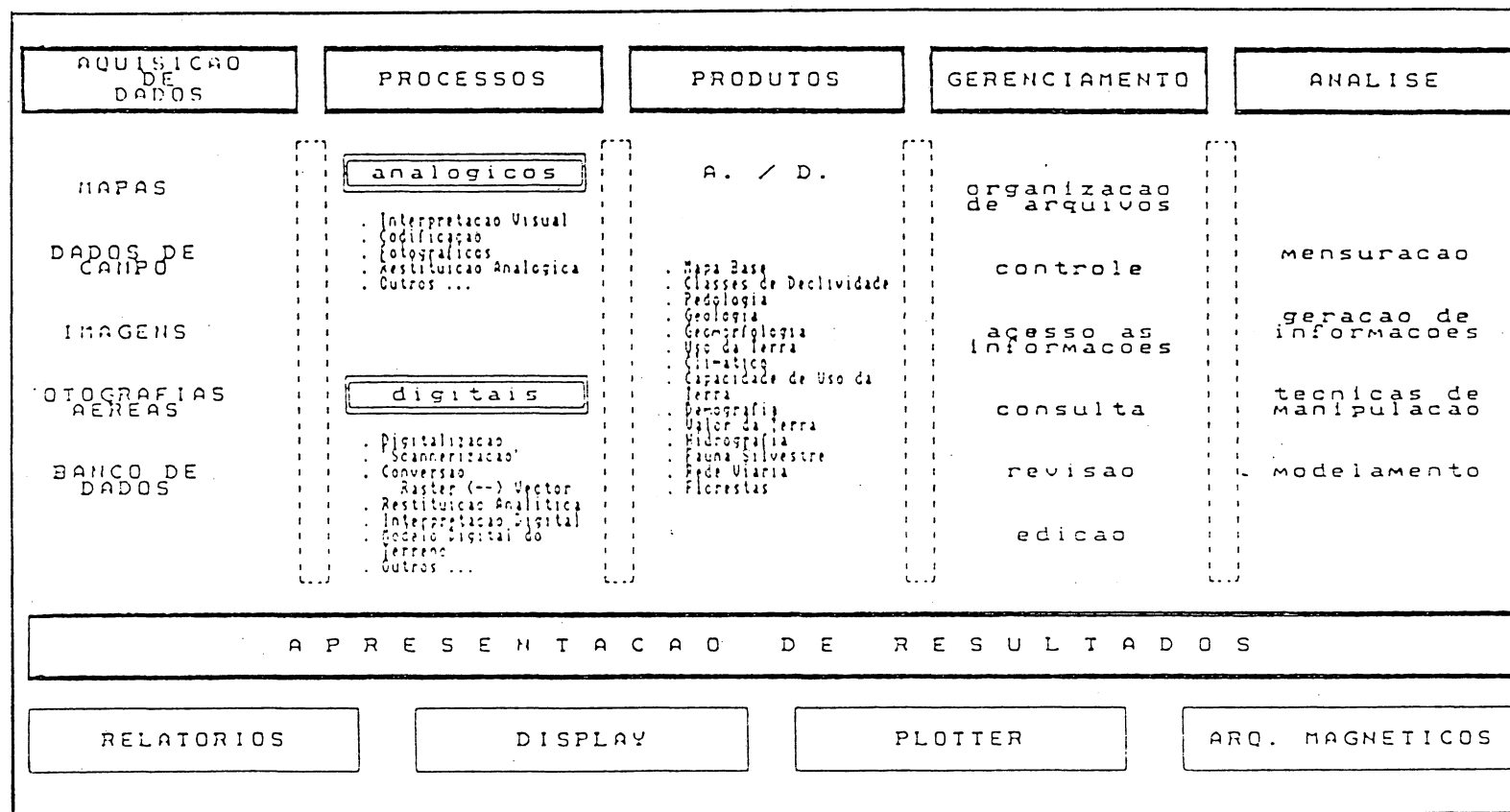
MADRUGA e PEREIRA (40) apresentam na Figura 03 os elementos necessários ao desenvolvimento de um sistema de informação geográfica, envolvendo as etapas de aquisição de dados, processos utilizados, produtos elaborados, gerenciamento, suas atividades, análise e seus componentes. A Figura 04 apresenta esses elementos e suas interrelações.

SANTOS et alii (73) e SGI V2.0 (74) apresentam a descrição do "SOFTWARE" do Sistema de Tratamento de Imagem (SITIM) do INPE, onde a arquitetura lógica é apresentada na Figura 05.

Os mesmos autores, discorrendo sobre os diferentes módulos, comentam que o módulo de ativação é responsável pelo início da execução das funções aplicativos, que podem ser ativadas diretamente pelo sistema operacional ou através de um menu, onde as funções são agrupadas por tipos.



Figura 03. Elementos de um SIG. Fonte: MADRUGA e PEREIRA (40)



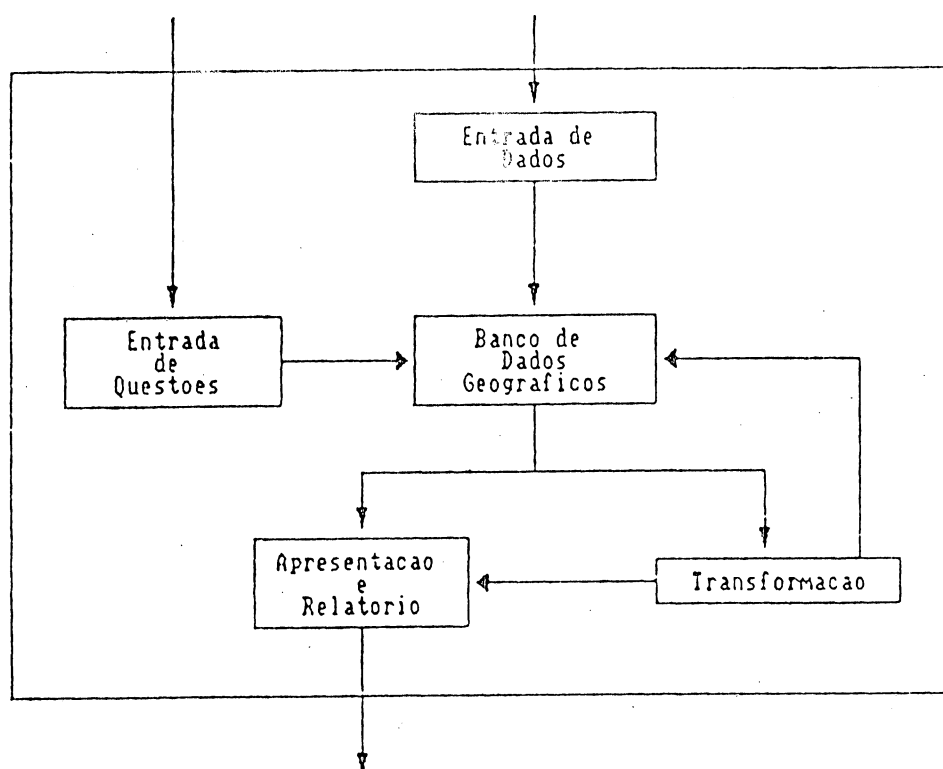


Figura 04. Interrelações entre os principais componentes de um "SOFTWARE". Fonte: MADRUGA e PEREIRA (40)

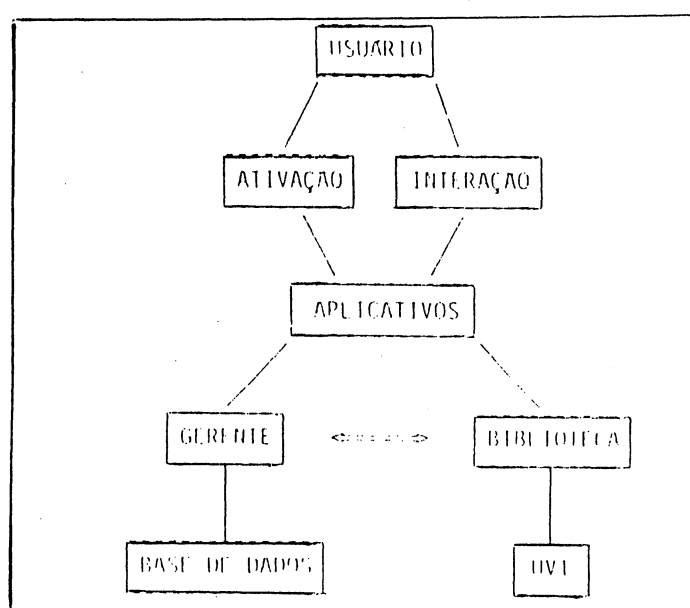


Figura 05. Diagrama da arquitetura lógica do "SOFTWARE" do SITIM. Fonte: SANTOS et alii (73).

Sobre o módulo de aplicativos, os autores informam que este é composto pelo conjunto de funções de processamento de imagens que o sistema oferece.

O módulo de interação é responsável pela troca de informações entre o usuário e os aplicativos, e é composto por um conjunto de rotinas de formatação de tela, que possibilita a implementação de diálogos padronizados, através do terminal.

O módulo gerente, de acordo com os autores acima, é responsável pelo acesso às imagens contidas no sistema, seja em disco ou na unidade visualizadora, de forma transparente à função aplicativa. A biblioteca é um conjunto de rotinas utilizadas pelos vários módulos do sistema e classificada em nível básico e nível superior, onde o nível básico é formado por rotinas de baixo nível de controle e acesso à unidade visualizadora e ao terminal, já o nível superior consta de rotinas especializadas que executam atividades comuns a diversos aplicativos.

MADRUGA E PEREIRA (40) comentam que a escolha de um "SOFTWARE" deve estar fundamentada na disponibilidade de equipar o usuário com programas de alto nível, operacionalmente eficientes, de fácil utilização e suficientemente capaz de atender diferentes objetivos, mantendo bom desempenho nas tarefas complexas de gerenciamento, manipulação e análise de dados georeferenciados. Neste sentido, pode-se dividir a escolha em dois casos:

- a) Casos que não exigem muita funcionalidade na análise espacial, porém muita funcionalidade no gerenciamento e manipulação de grandes bases de dados;
- b) Casos que não exigem desempenho quanto ao gerenciamento e manipulação dos dados, mas exigem alta capacidade analítico espacial.

IIC/UGC/IBM (35) apresenta outras considerações que poderiam ser abordadas, com relação as soluções de "SOFTWARE" em geoprocessamento. Desta forma, pode-se destacar alguns dos mais importantes:

- A forma com que se implementa a ligação entre dados descritivos (atributos) e dados espaciais (feições gráficas);
- A definição do sistema de gerenciamento de base de dados;
- A forma de armazenamento de dados espaciais:
  - a) mapas digitais estanques;
  - b) base de dados única, contínua e homogênea.
- A capacidade do sistema gerar e explorar as disponibilidades máximas de relações topológicas;
- A disponibilidade de aplicativos para a execução de funções especializadas.

Com relação as bases de dados, MADRUGA e PEREIRA (40) salientam que convém analisar as diferenças entre as possíveis opções. Nesse sentido deve-se considerar alguns

aspectos como:

- a) De que forma a base de dados interage com os módulos do sistema de geoprocessamento ?;
- b) Essa base de dados é integrante do sistema ? ou é interface opcional ?;
- c) Nesse caso, (b) qual é a influência sobre a funcionalidade do sistema ?;
- d) Qual a qualidade da interface entre os programas aplicativos e o gerenciador da base de dados ?
- e) Qual a qualidade efetiva de relação que o sistema de gerenciamento permite executar ?.

#### 2.3.1.2.1. Algumas Opções Mercadológicas em "SOFTWARE's"

Atualmente existe no mercado mundial uma gama muito grande de "SOFTWARE's" desenvolvidos para Sistemas de Informação Geográfica.

Segundo PARKER (52) existiam no mercado norte americano no final de 1989, aproximadamente 64 programas de SIG. A lista pode ser classificada, segundo o custo, em três categorias principais. Cerca de 28 destes programas situam-se na faixa de preço acima de US\$ 10.000, considerando-se o limite superior, e os programas cujos preços não estão listados (levando em consideração o "HARDWARE", supõe-se que o preço seja alto); 25 estão entre os US 1.000 e 10.000, e os 11 restantes abaixo dos mil dólares.

O autor acima salienta que deve-se levar em consideração, que em função da falta de uma definição mais precisa sobre o significado da expressão SIG, foram incluídos alguns programas que não se enquadram perfeitamente no que seria esta definição, mas sim por serem úteis às análises espaciais. Levando-se em conta as tendências atuais, observa-se que um número crescente de sistemas foram implantados em microcomputadores e estações de trabalho. No global, 44 dos 64 programas já rodam em micros, sendo que muitos não estão limitados ao sistema MS/DOS, voltando-se para o IBM-OS2<sup>TM</sup> ou Machintosh.

AMSP&ACSM (03), PE&RS (53), PARKER (52) e igualmente NEWZELAND FOREST INDUSTRIENS (47), apresentam vários Sistemas, entre outros, citam os seguintes:

- DMS<sup>TM</sup>-DESKTOP MAPPING SYSTEM<sup>TM</sup> (Univ. da Geórgia\ERDAS<sup>TM</sup>) ;
- MOSS (map overlay and statistical system);
- VICAR/IBIS (Video image communication and retrieval system/Image-based inf system);
- WRIS (Wildland Resource Information System);
- RIDS (Resource Information Display System);
- OGIRS (Oklahoma Geographic Information Retrieval System);
- PAMAP Geographic Information Systems.

#### 2.3.2. Entrada de Dados

GONÇALVES (31) comenta que a entrada de dados em um sistema de informação geográfica pode ser feita por diferentes

métodos, com uso de diferentes aparelhos, segundo a sua natureza.

Entrada de dados segundo MADRUGA e PEREIRA (40), Consiste na captura dos dados cobrindo as transformações desses, a partir de mapas existentes, observações de campo e sensores (fotografias aéreas, imagens de satélites e instrumentos de registro). Compreende também a entrada de dados, operações de codificação e armazenamento em um banco de dados, banco este que é a mais importante e complexa tarefa que um usuário de um SIG necessita realizar. Esses dados devem estar numa forma compatível com as necessidades do subsistema citado, e essa compatibilidade, é obtida pela formatação dos dados utilizando-se os registros obtidos em digitalizadores, arquivos texto, "scanner's", fitas, discos flexíveis e rígidos, ou outro periférico, que tenha o objetivo de otimizar o tempo de coleta dos dados. Outros dados, principalmente os de características alfanuméricos, alimentam o sistema de informação via teclado. A Figura 06 apresenta um resumo dos procedimentos de entrada de dados para atributos espaciais e não espaciais.

ERTHAL et alii (24) comentam que a entrada de dados consiste basicamente em operações de digitalização, associadas a atividades de edição e limpeza de dados.

MADRUGA e PEREIRA (40) salientam que dois aspectos devem ser considerados separadamente na aquisição dos dados, a posição geográfica dos dados, necessária para saber onde as feições (características) gráficas ou cartográficas ocorrem, e quais os atributos que estão associados a essas feições. Esta

habilidade em processar as feições cartográficas em termos de atributos espaciais e não espaciais, é o principal critério de

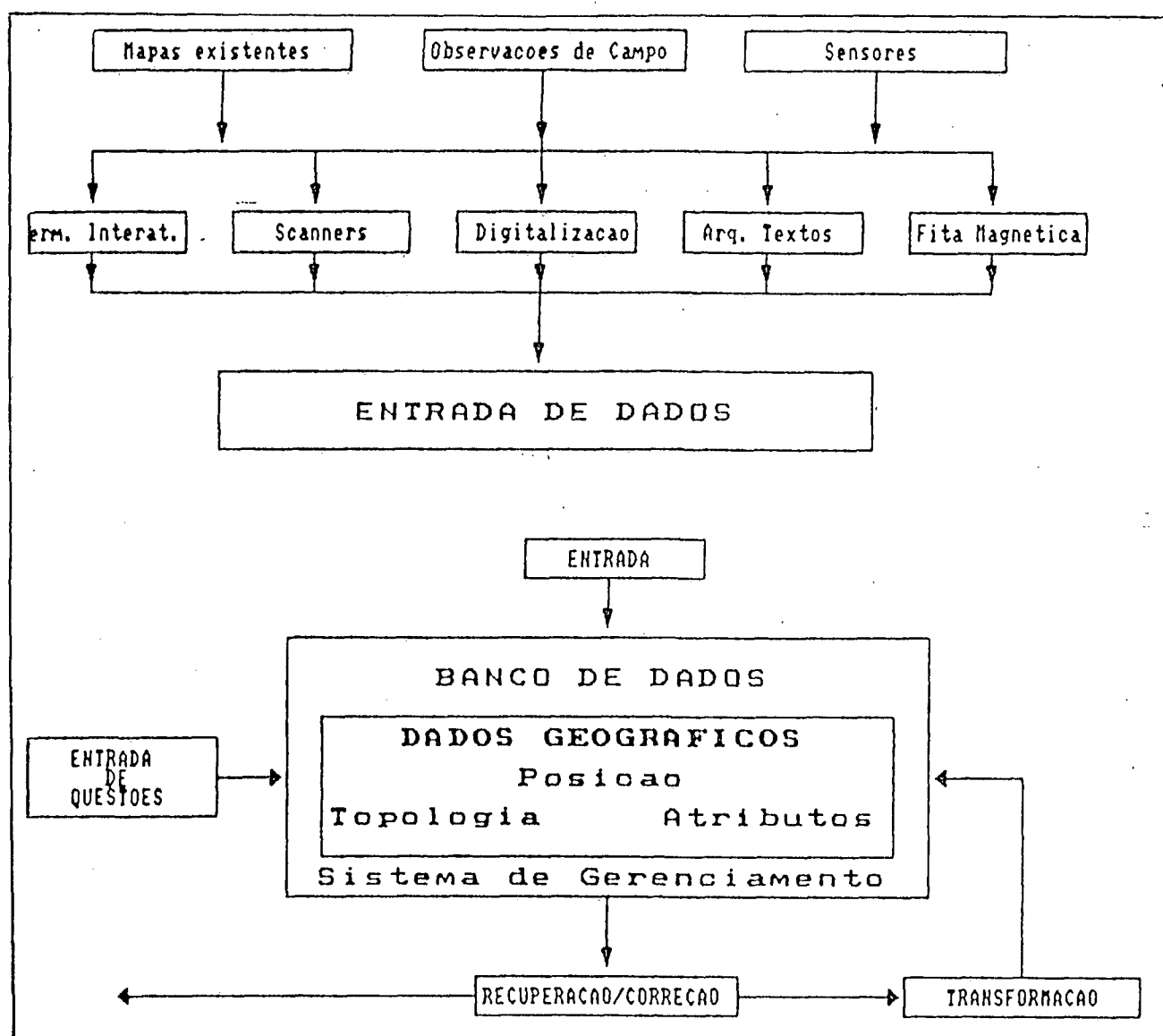


Figura 06. Procedimentos de entrada de dados em SIG

Fonte: MADRUGA e PEREIRA (40)

distinção entre uma cartografia automática (onde dados não espaciais estão geralmente relacionados a cores, tipos de linhas, símbolos, etc.) e processamento de informação geográfica (onde os dados não espaciais podem representar o uso da terra, propriedades do solo, tipos de vegetação, etc.).



### 2.3.2.1. Entrada de Dados Espaciais

ERTHAL et alii (24) salienta que os dados de entrada de um SIG podem ser encontrados em três tipos básicos de representação: mapas, tabelas e imagens digitais. A entrada e o armazenamento das informações obedece a uma determinada sequência de processamentos, dependendo do tipo de representação utilizado e da estrutura de armazenamento interna que é escolhida.

O mesmo autor diz que a entrada de dados provenientes de mapas é feita através de mesas digitalizadoras (operação manual), ou de digitalizadores de varredura (operação automática). Para o caso de dados tabulares, utilizam-se terminais alfanuméricos e para imagens digitais, unidades de fita magnética ou comunicação com outro computador.

Para MADRUGA e PEREIRA (40) não existe somente um único método de entrada de dados espaciais para um SIG, ao contrário, são vários, mutuamente compatíveis, que podem ser aplicados também em combinações. A sua aplicação depende do custo (orçamento), e do tipo de dados a ser introduzido. Os tipos de dados aceitos pelo sistema, são provenientes de mapas existentes, documentos desenhados a mão, fotografias aéreas, dados de sensores remotos, dados provenientes de pontos de amostragem (perfil do solo), entre outros.

Para os autores acima, os métodos atuais de entrada de dados também dependem da uma estrutura do banco de dados do SIG. Em um sistema ideal, o usuário não deve preocupar-se com

a forma que os dados serão estocados e processados, se na forma "raster" ou "vector", pois tal flexibilidade é possível, principalmente em sistemas tecnicamente avançados.

#### 2.3.2.1.1. Entrada de Dados para Sistemas "Vector" e "Raster"

BURROUGH (11) diz que em um sistema "Vector" as origens dos dados são consideradas como pontos, linhas ou áreas. As coordenadas destes dados são obtidas através de grades de referência, aplicadas diretamente sobre o mapa, ou através de referência para uma grade coberta. Esses dados podem ser simplesmente digitados no arquivo, ou introduzidos através de programas.

Para entrar com dados manualmente em um sistema de grade ("Raster"), o autor acima recomenda que todos os pontos, linhas e áreas sejam considerados como um conjunto de células, onde primeiramente é determinado o tamanho de uma grade de células ("raster"), e depois, uma grade transparente com o tamanho determinado é sobreposto ao mapa, e o valor de cada atributo para cada célula é determinado e digitado em um arquivo. Após a definição da grade e a codificação do sistema, cada célula deve ser identificada e gravada separadamente, e que isto normalmente é feito linha a linha, a partir do canto superior esquerdo.

Segundo BURROUGH (11) um tempo considerável pode ser poupado, quando a entrada e gravação da grade de dados em um sistema "raster" for efetuada através da forma de "run-length

codes". A mesma idéia pode ser aplicada para economizar espaço no arquivo de dados. A codificação "Run-length" baseia-se no fato de que para muitos tipos de mapas, particularmente mapas temáticos, muitas células adjacentes possuem o mesmo valor. Consequentemente, é necessário somente que se entre com dados para cada linha, ou coluna, especificando o valor da célula e o número da coluna onde o valor começa e termina.

Conforme o mesmo autor, quando os dados gradeados são introduzidos na forma de "run-length codes", eles podem ser inseridos diretamente no arquivo de dados, ou podem ser primeiramente transformados num arquivo grade convencional pelo uso de um simples programa. Este programa pode ser usado para checar erros. Se o arquivo gradeado apresentar-se no formato ASCII, este pode ser mostrado na tela ou editado interativamente pelo uso de editores modernos.

MADRUGA e PEREIRA (40) comentam que o trabalho de entrar com coordenadas X e Y de pontos, linhas, polígonos e grades de células, pode ser reduzido pelo uso de digitalizadores, e que um digitalizador nada mais é do que um aparelho eletrônico ou eletromagnético dotados: de uma mesa, sobre a qual um mapa ou documento é fixado; uma caneta magnética, "mouse" ou um pequeno aparelho de plástico, contendo uma janela com uma cruz; teclas de comando, com o qual percorre-se o contorno dos polígonos, linhas ou pontos, digitalizando-se as coordenadas de forma contínua ou discreta.

De acordo com esses autores, as mesas digitalizadoras, como comumente são denominados tais aparelhos, podem ser encontradas em diversos formatos (A0, A1,

A2, A3 e A4) e resolução, de acordo com o fabricante.

CASTAÑEDA FILHO (15) diz que a Varredura Automática é a fase inicial do processo, no qual o elemento chave é o "scanner", e que o uso destes, somado ao desenvolvimento de novas tecnologias em computação gráfica e na eletrônica abre novas fronteiras para a digitalização de documentos cartográficos. O sistema baseado em "scanner" permite não só o armazenamento puro e simples de documentos em "raster", bem como permite a edição manual e automática aonde e quando for necessário. Tal sistema conjuga as vantagens do "raster", como a rapidez da digitalização, com as vantagens do sistema "vector", como a possibilidade de integração com banco de dados. O sistema ainda permite a possibilidade de edição e atualização, e é facilmente integrável a qualquer sistema de plotagem e armazenamento.

#### 2.3.2.1.2. Dados Espaciais na Forma "Raster" Digital

BURROUGH (11) comenta que os dados espaciais na forma "raster" digital são provenientes de sensores multiespectrais, instalados em plataformas orbitais ou suborbitais, e posteriormente, podem ser armazenados em meio magnético ou então, enviados por telemetria para estações terrestres receptoras. Nessas estações terrestres, os dados são armazenados também em meio magnético, podendo sofrer operações de correção em etapas de pré-processamento e, posterior utilização em computadores munidos de unidades visualizadoras,

que permitem a visualização desses dados na forma de imagem.

O mesmo autor diz que os dados apresentam uma resolução espacial e espectral característicos de cada instrumento sensor. Em sensores do sistema LANDSAT por exemplo, o elemento de resolução espacial (pixel), apresenta tamanhos variáveis entre 120 x 120 metros a 30 x 30 m. Cada pixel com essa dimensão apresenta um valor associado, que representa o registro da radiação eletromagnética refletida, proveniente da superfície terrestre.

MADRUGA e PEREIRA (40) comentam que os sensores instalados na plataforma LANDSAT, apresentam uma alta capacidade de registro, considerando-se o caracter espectral dos alvos. Já na plataforma SPOT por exemplo, o caracter espectral tem menor importância, se comparado com as características de resolução espacial (20 x 20 metros no sensor HRV, e 10 x 10 metros no modo pancromático). Realizando-se um procedimento denominado registro de imagens, pode-se associar a alta resolução espectral do sistema sensor TM (Mapeador Temático - 7 bandas espectrais no LANDSAT 5), com a alta resolução espacial do sistema sensor HRV (High Resolution Visible), instalado na plataforma SPOT. Esses dados na forma "raster", podem também ser associados com mapas provenientes da cartografia, e permitir a sua utilização em sistemas de informação geográfica.

#### 2.3.2.2. Entrada de Dados não Espaciais Associados a Atributos

Como dado não espacial associado a um atributo, podemos dar como exemplo a digitalização de uma árvore em uma parcela, e relacionado a essa árvore, estaria o seu diâmetro, altura, volume, espécie, etc.

BURROUGH (11) cita como exemplo de atributos não espaciais associados, isto é, "todas as propriedades de uma entidade espacial que necessitam ser manuseadas no SIG, mas que não são em si mesmo espacial em espécie", uma estrada que pode ser digitalizada como um conjunto de pixels contínuos, ou como uma entidade de vetor linha.

#### 2.3.2.3. Ligação de Dados Espaciais e não Espaciais

BURROUGH (11) discorrendo sobre a ligação de dados espaciais e não espaciais, comenta que estes podem ser associados a entidades gráficas que podem ser geradas diferentemente na entrada desses dados, e que dessa maneira, esse método de associação não se torna eficiente quando trata-se de dados ou atributos não espaciais muito complexos.

O mesmo autor diz que a ligação de dados espaciais e não espaciais, é efetuada armazenando-se em um banco de dados, os códigos de referência das entidades não espaciais, com as coordenadas das entidades espaciais. Neste sentido, o processo de codificação dessas entidades não espaciais (atributos), pode ser efetuado pela digitalização manual, nos casos em que

se trabalha com mapas obtidos na forma "raster", a associação da entidade gráfica ou espacial com a entidade não espacial, é executada pela associação automática com um único identificador.

Os identificadores únicos, afirma BURROUGH (11), podem ser diretamente atribuídos à entidades gráficas, gerados em um sistema de computação específico, e nesse sentido, para sistemas que utilizam redes de polígonos, esses devem ser primeiramente criados, tomando um único identificador, ou utilizando algoritmos de pontos no polígono, para transferir códigos de pontos digitalizados ou entidades texto para a proximidade do polígono.

### 2.3.3. Armazenamento e Gerenciamento do Banco de Dados

Nesse subsistema considera-se a possibilidade de referenciar a posição topológica e os atributos dos elementos geográficos (pontos, linhas e áreas), de forma organizada e estruturada.

IIC/UGC/IBM (35), salienta que a base de dados de um SIG não se reduz a informações diretamente representáveis num mapa, e que a segunda componente conceitual num Sistema de Geoprocessamento, consiste nos dados descritivos (ou atributos) da informação espacial.

Conforme o autor acima, organizam-se os dados descritivos em tabelas independentes dos mapas digitais. As tabelas são compostas por campos (colunas) e registros (linhas). Em cada campo armazena-se o valor assumido por um

atributo; enquanto um registro completo, contém o conjunto dos dados descritivos de uma unidade espacial de informação.

Com relação a transformação de dados, MADRUGA e PEREIRA (40) dizem que esta consiste basicamente em duas classes:

- a - Operações de edição - visam remover erros nos dados de entrada ou de conjunto de dados;
- b - Utilização e análise - nessa classe de transformação dos dados são aplicados métodos com objetivo de formular ou de responder as questões do SIG. Dentre essas transformações, pode-se operar separadamente ou em conjunto procedimentos que visem aspectos espaciais e não espaciais. Essas operações são associadas com troca de escalas dos dados, ajuste de dados para novas projeções, operações lógicas, cálculo de áreas e perímetros. Dentro dessa classe faz-se o modelamento de dados espaciais ou não, com a finalidade de gerar novos dados ou produtos, permitindo outras análises.

#### 2.3.4. Apresentação e Saída dos Dados

Esse subsistema é necessário para permitir a análise dos resultados para o usuário, e consiste basicamente em apresentar os registros na forma de tabelas, mapas, gráficos, fotografias, ou ainda o armazenamento em unidades de visualização, impressora, "plotter" (traçador gráfico) e mídia magnética.



TUSCO e ABIB (78) discorrendo sobre a exibição dos resultados em um SIG, dizem que este deverá exibir os resultados decorrentes da análise através de documentos cartográficos ou em arquivos com formato padrão, armazenados em mídias magnéticas.

GONÇALVES (31) comenta que de todas as formas de saída de informações possíveis permitidas pelo computador, o mapa é a principal.

Comenta ainda o mesmo autor que um SIG, aplicado ao planejamento paisagístico, pode apresentar como resultado do processamento pelo método de sobreposição, dois tipos de mapas: o de oportunidades e de restrições.

Mapa de oportunidades segundo GRIFFITH et alii (32) é a indicação de locais que oferecem boas condições físicas para determinado uso, caso este uso seja localizado neles, e como exemplo citam os solos estáveis, locais planos, paisagens interessantes e ecossistemas significativos para programas interpretativos, já o mapa de restrições fica sendo, portanto, a indicação de locais que ofereçam fatores limitantes como por exemplo, declividades acentuadas, solos mais susceptíveis à erosão e microclimas desagradáveis.

HOFFER (33) cita duas técnicas de saídas para mapas: a logogramática e a saída na tela de vídeo, com tons de cinza ou em cores. A forma logogramática, segundo COONEY e TUCKER (19) consiste no uso de símbolos da impressora, previamente definidos pelo usuário.

GONÇALVES (31) comenta que a saída em vídeo preto e branco ou colorido, permite dispor de mapas, a partir da

obtenção de fotografias da tela de vídeos.

A Figura 07 apresenta os meios e os produtos utilizados para a representação gráfica dos dados.

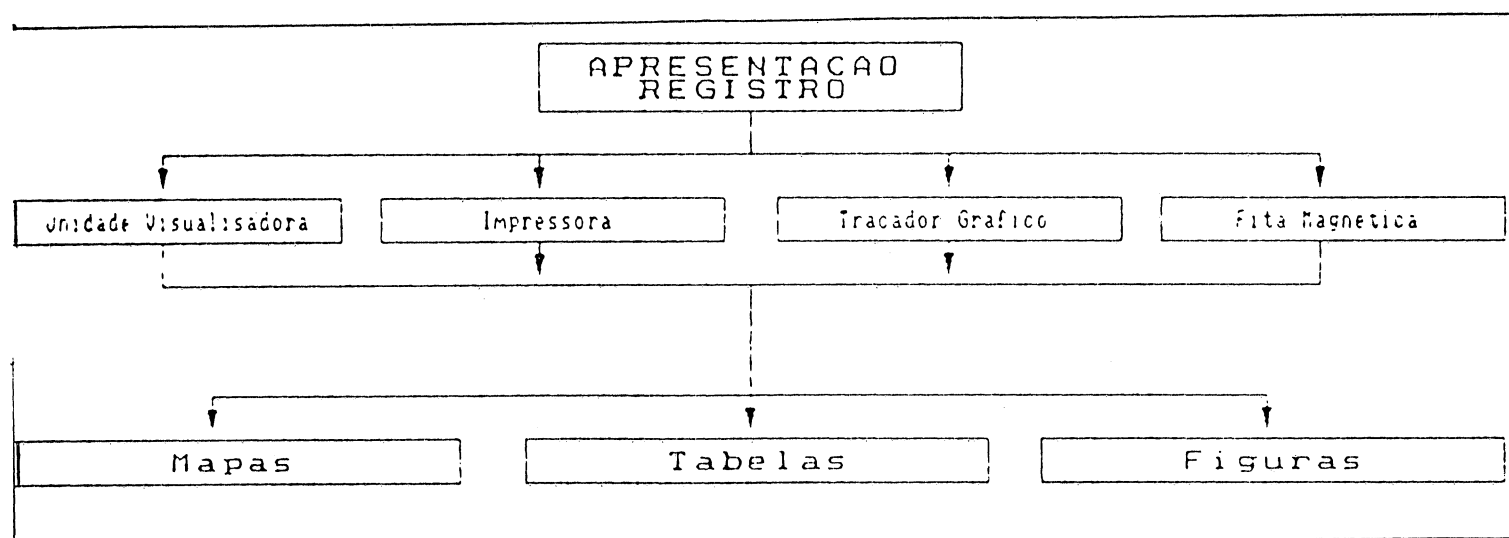


Figura 07. Meios e produtos para saída de dados de um SIG.

Fonte: MADRUGA e PEREIRA (40)

#### 2.3.5. Interação com o Usuário

MADRUGA e PEREIRA (40) comentam que esse subsistema é absolutamente essencial, pois permite que o usuário sem muitos conhecimentos em computação, execute todas as operações que o sistema permite. Deve-se considerar que esse módulo deve responder às possíveis indagações do usuário sobre um determinado procedimento, quanto ao objetivo, a forma de execução e a sua aplicação. O sucesso mercadológico de um

sistema de informação geográfica, também depende desse subsistema, principalmente quando utilizado por usuários ditos "leigos" em sistemas computacionais.

#### 2.3.6. Aspectos Organizacionais de um SIG

A informação georeferenciada, pode ser processada por um determinado procedimento mas nem sempre será utilizada efetivamente. A sua utilização dependerá do contexto organizacional apropriado.

BURROUGH (11) diz que deve-se considerar, que não basta somente um "HARDWARE" e um "SOFTWARE", para satisfazer as questões de um determinado usuário, mas fundamentalmente o conhecimento e a formulação adequada das suas necessidades.

#### 2.3.7. Campos de Aplicação de um SIG

A tecnologia dos sistemas de informação geográfica, aplica-se à um espectro muito amplo de atividades tanto no meio rural quanto urbano. Dentre essas atividades, pode-se citar a sua utilização no planejamento, administração e gerenciamento racional dos recursos disponíveis, sejam humanos, físicos ou ainda financeiros.

IIC/UGC/IBM (35) discorrendo sobre os campos de aplicação e benefícios do SIG, apresenta alguns exemplos de consultas e operações possíveis em certas aplicações rurais e

urbanas:

- Determine as áreas economicamente mais propícias a um certo tipo de cultura agrícola;
- Determine as áreas mais propensas a erosão;
- Indique equipamentos com mais de 10 anos, numa área irregular definida pelas coordenadas geográficas de seus vértices;
- Relacione os habitantes de um corredor com 200m de amplitude em torno de uma certa rua;
- Gere um mapa dos acidentes de trânsito ocorridos nos últimos 2 meses, num dado distrito.

GONÇALVES (31) gerou com sucesso um mapa logogramático de oportunidades para fotografias e observações de fauna através de mapas digitalizados de vegetação, recursos visuais e riqueza de hábitat faunístico.

CASTAÑEDA FILHO (15) respondendo a pergunta sobre o que poderia constituir uma aplicação de alto nível em um SIG, formula a seguinte idéia: Suponhamos que um órgão de planejamento para ocupação do espaço geográfico, receba a incumbência de definir áreas propícias a implantação de um polo petroquímico. É evidente que não se pode construir uma planta industrial em qualquer sítio. Restrições devem ser observadas. Consideremos então, que neste caso, elas apresentassem o seguinte teor:

- 19 - preservação de um corredor com amplitude de 30 km, ao redor de qualquer reserva florestal;
- 29 - preservação de um corredor com amplitude de 50 km, ao redor de qualquer área reservada para agropecuária;
- 39 - localização em corredor com amplitude de 40 km, ao longo de uma rodovia estadual ou federal pavimentada;
- 49 - afastamento de no máximo 40 km, de algum porto de exportação, com capacidade mínima de operação pré-definida;
- 59 - localização em área aproximadamente plana;
- 69 - localização em região de baixo índice pluviométrico;
- 79 - localização em terreno não vulcânico.

Comenta o mesmo autor, que o exemplo anterior é apenas uma pequena amostra da diversidade de informação, e do nível de complexidade que uma aplicação típica de SIG pode atingir, no que tange ao gerenciamento e análise de dados geoambientais.

PAIVA e ERTHAL (51) discorrendo sobre o uso do SIG, diz que um outro tipo de dado que pode ser tratado são as informações representáveis na forma de redes, tais como estradas, rios e linhas telefônicas.

SANTOS (72) apresentou uma metodologia para a confecção de mapas de trafegabilidade do terreno, a partir de cartas topográficas, de imagens de satélites e de mapas e dados de levantamentos pedológicos, utilizando o SIG, propondo a fixação de limites para a variação da declividade, no estabelecimento das classes de trafegabilidade do terreno.

### 2.3.8. Estrutura de Dados em Sistema de Informação

#### Geográfica

Os diferentes dados, associados aos planos de informação e, manipulados rotineiramente nos modernos sistemas de informação geográfica, estão acompanhados de informações de posição, possíveis conexões topológicas e atributos dos objetos registrados.

Neste sentido, MADRUGA e PEREIRA (40) comentam que os dados geográficos são referenciados sobre a superfície terrestre, tomando-se um sistema de coordenadas padrão. Esse sistema de coordenadas pode ser local quando se trabalha com áreas restritas, ou então, nacional ou internacional, tomando-se um sistema de coordenadas internacionalmente aceito. Neste caso a projeção cartográfica adotada, é UTM (Universal Transverse of Mercator).

Para os mesmos autores, as associações entre os objetos e as escalas de trabalho obedecem uma hierarquia, definindo-se redes taxonômicas, como por exemplo, continente-país-estado-cidade-bairro-rua-quadra-imóvel, etc. Essas associações são realizadas para todo o tipo de dados que possam ser interrelacionados. Um exemplo disso, seria um mapa de classificação de solos ou ainda, um mapa temático de florestas.

CASTAÑEDA FILHO (15) diz que os dados geográficos podem ser restritos a três situações topológicas distintas: o

ponto, a linha e a área.

BURROUGH (11) discorrendo sobre estruturas de banco de dados e sua organização, salienta que todos os dados geográficos passíveis de manipulação em SIG, devem ser organizados, armazenados e permitir um fácil acesso.

Comenta ainda o mesmo autor, que o acesso e arquivo de dados pode ser feito através de listas simples, arquivos sequenciais ordenados e arquivos indexados, e que as estruturas de banco de dados mais conhecidas são, hierárquica, redes e relacionais.

CASTAÑEDA FILHO (15) com relação as estruturas observadas e suas representações em SIG, diz que qualquer dado que possa ser mapeado possui coordenadas x e y conhecidas para um determinado ponto de referência, um atributo z, que pode ser qualitativo ou quantitativo e, podendo também serem monitorados ao longo do tempo, o conteúdo conceitual de um SIG poderá ser representado pela Figura 08, onde o autor representa os componente conceituais de um SIG de forma tridimensional, onde no primeiro plano é apresentado os dados geográficos (espaciais e descritivos), dando exemplos de estruturas para dados espaciais, e tipos de variáveis, classes e valores para dados descritivos. Em outro plano o autor apresenta dados temporais.

FELGUEIRAS et alii (26) salientam que as informações armazenadas no SIG estão distribuídas na forma de mapas ou Planos de Informações (PI), de acordo com o tipo de dados que elas representam ou segundo as variáveis que estão relacionadas ao problema a ser resolvido.

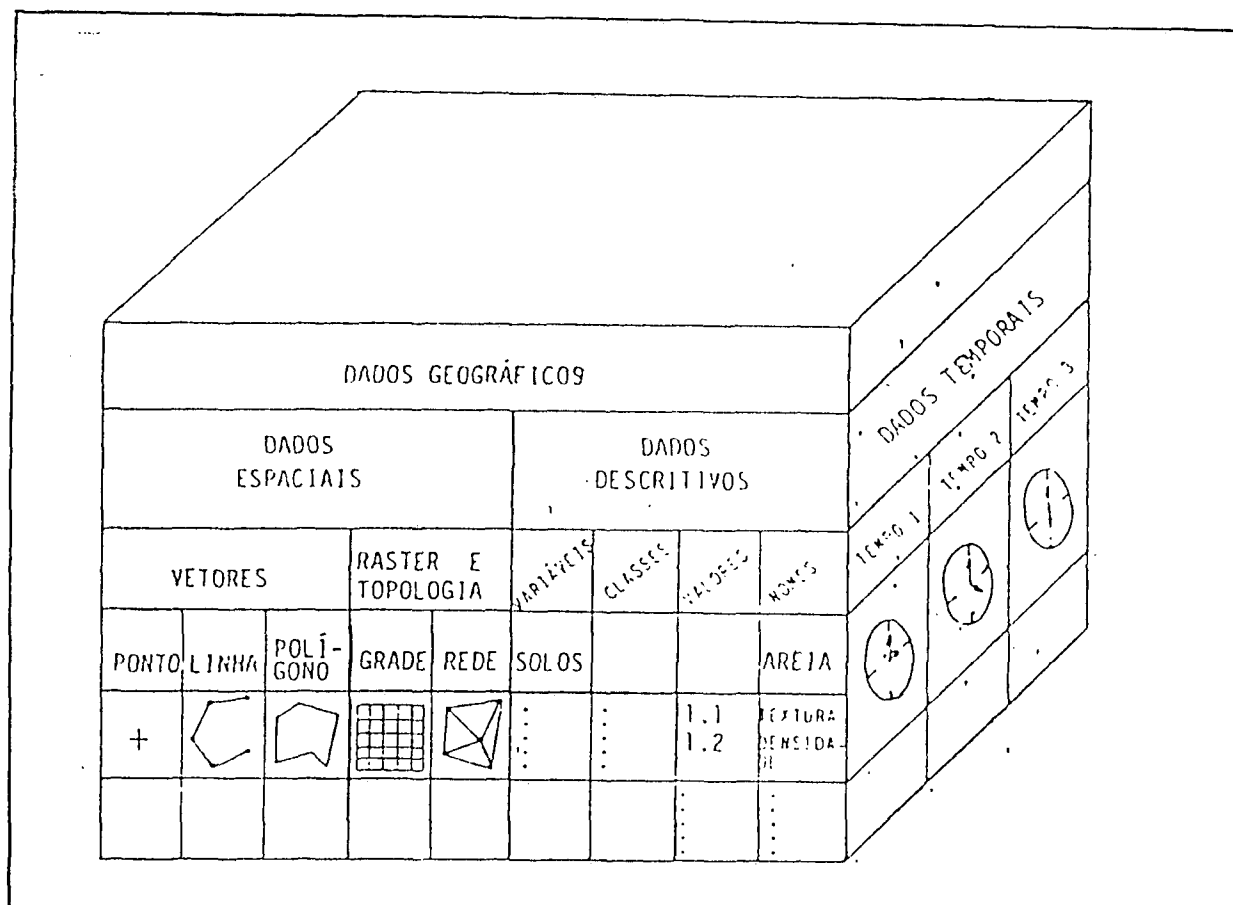


Figura 08. As três componentes conceituais de um SIG

Fonte: CASTAÑEDA FILHO (15)

Os mesmos autores afirmam que os formatos dos dados dentro de um SIG, estão associados as formas de representação digital, no computador, das informações contidas na determinada fonte de dado, que pode ser imagem, mapa ou outra.

CASTAÑEDA FILHO (15) discorre sobre as informações geográficas armazenadas no SIG (pontos, linhas e polígonos), e diz que estas podem ser mantidos em meios magnéticos segundo diferentes estruturas classificadas em: vetorial, "raster" e



topológica.

#### 2.3.8.1. Estrutura Vetorial ou Poligonal

CASTAÑEDA FILHO (15) comenta que esta estrutura fundamenta-se em coordenadas Cartesianas e nos postulados da geometria Euclidiana, e a formação desta estrutura baseia-se em coordenadas de pontos representados em duas ou três dimensões e identificadores dos tipos de curvas da qual pertençam. A manipulação e a visualização dos mapas na forma vetorial, são controlados por programas modeladores geométrico, que consiste numa interface de ação gráfico-interativa entre o usuário e a estrutura vetorial.

Um mapa composto por pontos, linhas e polígonos, codificado em formato digital a partir do formato analógico original, mediante a técnica de digitalização, apresenta-se conceitualmente como na Figura 09. A digitalização é uma técnica que apresenta uma alta precisão a uma baixa relação tempo/mão de obra.

FELGUEIRAS et alii (26) conceitua formato vetorial como um conjunto de pontos definidos no espaço 2-D (x,y) que representam entidades tais como: rios, estradas, isolinhas, divisões entre propriedades, lineamentos, etc., e a cada uma dessas entidades pode-se relacionar atributos tais como uma classe ou um valor de cota.

CASTAÑEDA FILHO (15) salienta que sistemas baseados em estruturas vetoriais são especialmente indicados para o

aproveitamento de informações derivadas da análise visual de fotografias aéreas, ou de outros tipos de dados produzidos por sensores remotos analógicos.

Comenta ainda o mesmo autor que não é este o caso dos dados sobre o uso da terra, cobertura vegetal, tipo de solo, etc., obtíveis a partir das imagens geradas pelos sensores de satélites, como os da série LANDSAT, pois tais imagens enquadram-se no contexto das estruturas digitais do tipo "raster".

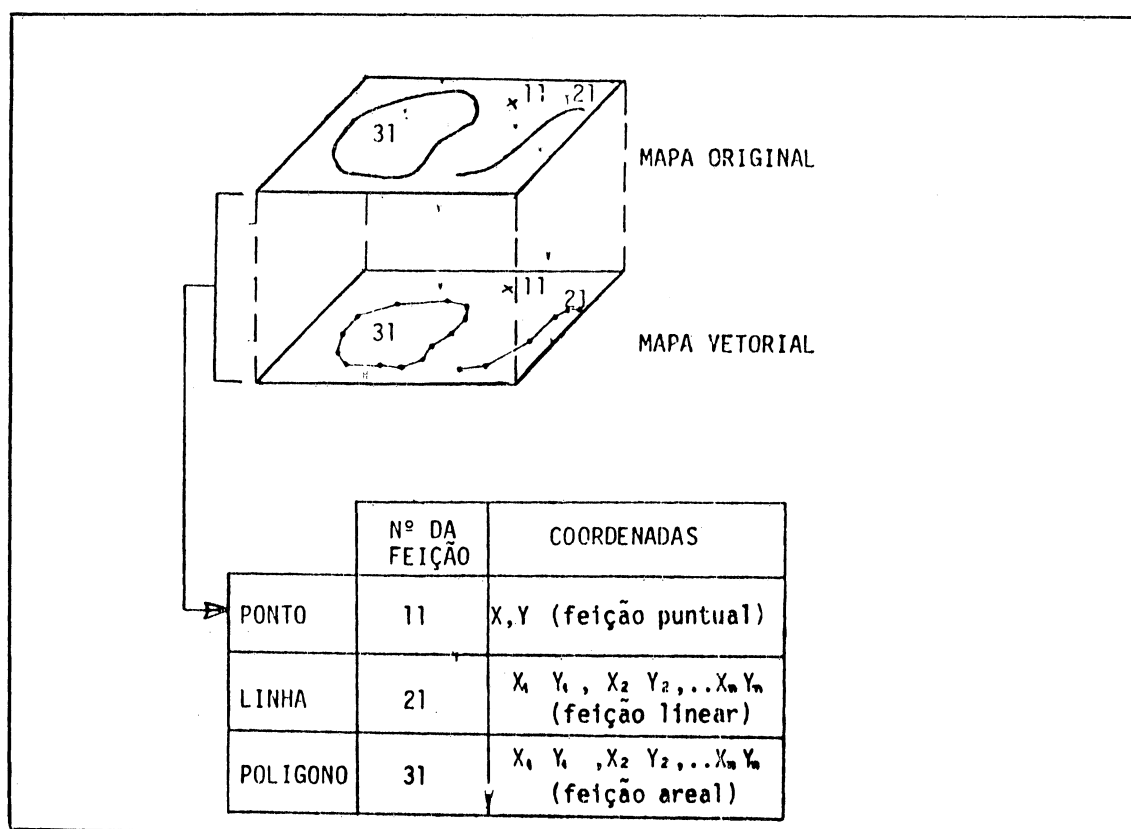


Figura 09. Codificação de pontos, linhas e polígonos pela técnica de digitalização.

Fonte: CASTAÑEDA FILHO (15).

#### 2.3.8.1.1. Vantagens e Desvantagens de Sistemas Baseados na estrutura Vetorial

BURROUGH (11) e igualmente CASTAÑEDA FILHO (15) citam como principais vantagens da utilização da estrutura vetorial em um SIG os seguintes itens:

- SIG's mais avançados permitem mapear feições extremamente reduzidas, em áreas grandes (aproximadamente  $1\text{mm}^2$  em cerca de  $16 \times 10^6 \text{ km}^2$ );
- A resolução do mapa é limitado apenas pelo "plotter", isto é, quando utilizados equipamentos de "plotagem" de alta resolução, pode-se produzir mapas com curvas suavizadas e alto nível de detalhamento;
- Por representarem feições lineares, pontuais e fronteiras entre feições areais, o cálculo de atributos geométricos das feições são simplificados (representação explícita de feições pontuais, lineares e das fronteiras de feições areais);
- A tarefa de vincular atributos não gráficos às feições mapeadas torna-se bastante linear, razão para incluir-se no sistema um sub-sistema gerenciador de dados alfanumérico descritivos das feições mapeadas, como por exemplo: nomes, categorias, códigos, etc. Os dois sub-sistemas gerenciadores de informação, o gráfico e o alfanumérico, devem ter um diálogo simplificado com o usuário.

Os itens seguintes, conforme os autores acima citados, mostram as desvantagens da utilização da estrutura vetorial em um SIG:

- A realização de análises complexas acerca do relacionamento espacial entre temas diversos, mapeados por feições areais, lineares e pontuais, e que recebam injunções condicionantes com base nos atributos alfanuméricos vinculados às feições. O desempenho de um SIG baseado apenas na estrutura vetorial, apresenta-se extremamente comprometida, pois além dos ponteiros de ligação com o banco de dados, o que é armazenado são coordenadas de pontos. Esta desvantagem é de tal ordem que a sua superação somente é possível mediante a implementação de uma estrutura de dados mais complexa (topológica).
- Na representação de feições areais, o SIG de base vetorial utiliza formas fechadas, isto é, a informação gráfica em todas as fronteiras entre polígonos é duplicada, aumentando 100% o espaço de armazenamento dos mapas em meio magnético. Como a anterior, esta deficiência pode ser superada pela implementação da estrutura topológica.
- SIG baseado apenas na estrutura vetorial não são compatíveis com imagens orbitais disponíveis no formato CCT (Computer Compatible Tape), dificultando o monitoramento de variáveis do espaço geográfico ao longo do tempo.

#### 2.3.8.2. Estrutura "Raster" ou em Grade

MADRUGA e PEREIRA (40) comentam que a codificação de pontos, linhas e polígonos podem ser feitos em formato digital segundo uma estrutura "raster", onde superpõe-se uma grade retangular sobre o terreno, de tal forma que os valores de um atributo são extraídos para cada unidade areal mínima da grade, denominadas de células ou pixels.

Os mesmos autores afirmam que existem alternativas para se obter um mapa "raster" representativo de um tema geográfico qualquer, sendo a mais comum a que utiliza como entrada um mapa daquele tema previamente armazenado em meio magnético, segundo uma estrutura vetorial. O SIG encarrega-se de convertê-lo num mapa "raster", utilizando uma técnica de valoração das células, obtendo uma grade retangular de pixels, correspondendo a cada um o valor numérico inteiro de uma variável ou atributo.

Uma segunda alternativa que os autores apresentam é a que utiliza a tecnologia de instrumentos "scanner's", que operam controlados por uma CPU, onde o resultado já consiste numa estrutura "raster", correspondente ao documento original.

A terceira fonte geradora de mapas "raster" é a proveniente dos sensores remotos, principalmente os das imagens multiespectrais de satélites como o LANDSAT TM e SPOT.

Segundo observações de PARKER (52), os sistemas em "vector" e "raster" tendem a serem mais caros do que aqueles limitados apenas a "raster".

#### 2.3.8.2.1. Atividades envolvidas em um sistema "raster"

MADRUGA e PEREIRA (40) descrevem as principais atividades envolvidas num sistema "raster", a saber:

- "Rasterização";
- Compressão/Expansão;
- Edição;
- Armazenamento;
- "Plotagem";
- Conversões "Raster"/"Vector"/"Raster".

A "rasterização" é a fase inicial do processo, e pode ser efetuada por uma das três fontes geradoras de mapas "raster" citadas no item referente a estrutura "raster" ou em grade.

Os mesmos autores comentam que a digitalização em "raster" produz arquivos muito grandes, um desenho A-1 "rasterizado" com 200 ppp produz um arquivo de cerca de 4 Mbytes. Este arquivo pode ser comprimido em até 20 vezes, ganhando-se espaço em disco e diminuindo-se o tempo de transferência entre sistemas e periféricos.

A compressão de um arquivo é obtida por um processo semelhante ao "run length coding". Para compreender este processo basta imaginar que num típico desenho, a maioria dos pixels é branco. Os pixels que representam as linhas pretas compreendem uma pequena parte do total. Este algoritmo reduz o número de bits necessários para descrever o desenho contando o

número de pixels brancos ou pretos seguidos e armazenando este número ao invés do valor individual de cada pixel.

MADRUGA e PEREIRA (40) comentam ainda, que desenhos comprimidos não podem ser visualizados nem editados, a menos que se aplique o processo inverso chamado Expansão.

Quanto a Edição, os autores acima dizem que a possibilidade de editar um desenho "raster" faz-se necessário quando se quer melhorar o aspecto do desenho, limpando-o, ou quando se quer fazer correções e atualizações. Pode-se editar diretamente o arquivo "raster" por um processo manual de pintura ou automaticamente usando-se técnicas de processamento digital de imagens tipo filtragem, etc. Para os casos mais complexos de correções e atualizações, a técnica mais recomendável é a de editar as alterações sobre o fundo "raster" criando-se linhas, textos, símbolos, círculos, arcos, etc, no formato "vector". Um bom sistema deve permitir a superposição de uma ou mais camadas de desenhos "vector" sobre o "raster". No produto final a diferença entre o que é "raster" e o que é "vector" é quase transparente ao usuário.

A "Plotagem" de um desenho "raster" para MADRUGA e PEREIRA (40), somente pode ser obtida em impressoras matriciais.

FELGUEIRAS et alii (26) discorrendo sobre conversão entre formatos, dizem que em geral a integração entre os diversos PI de uma região é feita em um determinado formato, ou seja, todos os PI que serão integrados devem estar num determinado formato. Como os sistemas aceitam como entrada informações em qualquer um dos formatos, estes sistemas devem

prover ferramentas de conversão entre formatos para que as informações possam ser combinadas.

MADRUGA e PEREIRA (40) dizem que desenhos "raster" podem ser totalmente compatíveis com desenhos "vector". Esta compatibilidade se manifesta nas seguintes formas:

- a) Um ou mais desenhos digitalizados manualmente em mesa digitalizadora podem ser superpostos à um desenho "raster";
- b) Um desenho "vector" pode ser facilmente "rasterizado".

Esta é uma operação típica quando da plotagem de um desenho "vector" numa impressora matricial;

- c) Quando houver necessidade, um desenho "raster" pode ser convertido para "vector" numa operação chamada de vetorização. Caso o usuário insista em manter seus desenhos digitalizados no formato "vector", pode-se mesmo dizer que um "scanner" concorre com as tradicionais mesas digitalizadoras em termos de tempo e qualidade.

Os mesmos autores afirmam que a vetorização pode ser manual quando um operador digitaliza manualmente sobre o desenho "raster" criando automaticamente um arquivo "vector" superposto ao "raster". Neste caso ganha-se em termos de qualidade, pois o operador tem controle imediato da precisão da digitalização e da complexidade da operação.

Outra opção para MADRUGA e PEREIRA (40) é a vetorização automática. Esta é sem dúvida a forma mais rápida de vetorização. É também muito precisa pois o processo de vetorização automática segue exatamente por sobre os traços do



desenho "raster", e é também extremamente confiável no sentido de que nenhum elemento do desenho deixará de ser vetorizado. O método tem também suas limitações. A principal delas é quanto à dificuldade de distinguir os diversos tipos de elementos gráficos, tais como: Textos, círculos, arcos, símbolos, convenções, etc. Apesar da ciência vir tentando introduzir no sistema, técnicas de inteligência artificial a fim de superar estas limitações, os resultados não são ainda confiáveis.

#### 2.3.8.2.2. Vantagens e Desvantagens de Sistemas Baseados na Estrutura "Raster"

BURROUGH (11) e igualmente CASTAÑEDA FILHO (15) apresentam as vantagens de se utilizar sistemas baseados na estrutura "raster", a saber:

- As estruturas "raster" assimilam com facilidade as imagens digitais geradas por sensores remotos;
- Estas estruturas podem apresentar excelente desempenho na execução de operações "booleanas" - uniões, intersecções e exclusões - envolvendo mapas "raster" que cubram a mesma área geográfica, e descrevam variáveis distintas;
- As estruturas "raster" facilitam técnicas de compactação para armazenamento mais eficaz dos dados.

Os mesmos autores apresentam como desvantagens das estruturas "raster" as seguintes:

- Uma estrutura "raster" não permite associar às feições mapeadas, registros com valores de atributos

alfanuméricos, porque estas são feições mapeadas por pixels, que nada representam além de números inteiros para o computador. Por esta razão, a capacidade de um sistema "raster" em realizar análises espaciais complexas, recebendo injunções de dados alfanumérico, é bastante restrita;

- O tempo necessário para processar, gerar "display" ou imprimir um mapa "raster", cresce significativamente com o aumento de sua resolução, prejudicando as aplicações que necessitem de resolução elevada, para detecção de alvos reduzidos;
- Mapas "raster" não representam explicitamente as fronteiras entre feições mapeadas, aparecendo estas fronteiras implicitamente, na forma de descontinuidades nos valores dos pixels, observando-se, por exemplo, no caso da variação de densidade populacional entre áreas urbanas e rurais. Por este motivo, estimar atributos de uma dada feição, como a população de uma cidade, implica inicialmente em determinar-se sua fronteira, tornando a solução do problema bastante complexa em termos de algoritmos.

#### 2.3.8.2.3. Integração das Estruturas "Vetorial" e "Raster"

A integração entre estruturas vetoriais e "raster", é fator preponderante na escolha de um ou outro SIG, pois essa integração oferece vantagens nos dois sentidos, como por

exemplo, o uso de imagens de satélites constitui-se cada vez mais em um meio de atualização e monitoramento das variações temáticas e espaciais das feições geográficas. Reciprocamente, os dados provenientes dos mapas vetoriais alimentam os processos de classificação espectral das imagens, com informações precisas, enriquecendo os resultados quantitativa e qualitativamente.

CASTAÑEDA FILHO (15) diz que o simples fato de se poder digitalizar diretamente na tela de um computador gráfico, sobre o "display" de uma imagem proveniente de um sensor remoto, é o meio elementar de se detectar a capacidade de um SIG em integrar os dois tipos de estrutura de dados, embora muitas vezes esta capacidade seja insuficiente. O ideal seria que o programa fornecesse ao usuário uma série de recursos computacionais, para processamento de imagens provenientes de sensores multiespectrais como o MSS e TM do LANDSAT, ou ainda do SPOT, como por exemplo:

- Aplicações de correções radiométricas;
- classificações espectrais supervisionadas ou não;
- refinamentos espectrais e espaciais, com a finalidade de aumentar o poder de extração de informações das imagens (fusão entre uma imagem LANDSAT TM e uma SPOT, preservando a riqueza de informação espectral da TM, e a qualidade de resolução espacial da SPOT);
- correções geométricas sobre uma imagem, a fim de compatibilizá-la com a base cartográfica vetorial (sistema projetivo cartográfico e o referencial

geodésico empregados na confecção da base).

#### 2.3.8.2.4. Subsistema Gerenciador de Dados Alfanuméricos

Sistemas com base na estrutura vetorial, diferem em soluções para o gerenciamento do banco de dados alfanuméricos, descritivos das feições mapeadas, sendo os modelos de dados mais usados o de redes e o relacional.

Para MADRUGA e PEREIRA (40), as ligações entre os arquivos de entidades no modelo de redes, são estabelecidas explicitamente, pelo uso de ponteiros entre os registros de dados, conferindo bom desempenho nas operações de acesso, leitura e edição das informações. Em se tratando de alterar a estrutura da base de dados, podem surgir dificuldades a ponto de exigir do usuário uma interferência, nem sempre imediata, a nível de programação. Este é um fator limitante do uso do modelo de redes num SIG, devido a natureza dinâmica das aplicações rotineiras em estudos geoambientais.

Esta deficiência segundo os autores acima, é superada pelo modelo relacional, em função de uma estrutura implícita de ligações lógicas entre as entidades, que são tratadas como tabelas matriciais, em cujas colunas relacionam-se os valores de atributos, implementando-se as ligações não através de ponteiros, mas via atributos (determinantes) da relação associada a cada entidade. Neste modelo, perde-se em termos de velocidade na recuperação dos dados.

Os mesmos autores comentam que as linguagens correspondentes, nos gerenciadores de redes são menos amistosas, pois foram desenvolvidas em baixo nível.

#### 2.3.8.3. Estrutura de Dados Topológica

CASTANEDA FILHO (15) conceitua uma estrutura de dados topológica como sendo uma organização de dados descritores das relações espaciais de adjacência e conectividade, entre as feições representativas de um ou mais temas.

Comenta ainda o mesmo autor, que através desta estrutura, cada feição mapeada passa a conter informações sobre seu relacionamento geográfico com outras feições.

As menores unidades de área topologicamente definidas são denominadas, segundo o autor acima, de Faces, e o registro de uma Face preserva os ponteiros de ligação com o banco de dados alfanuméricos, das feições areaais que a originam.

Unidades topológicas unidimensionais que representam parte da fronteira de uma Face (ou mesmo a totalidade, no caso de ilhas), são denominados pelo autor como Lados, e seu registro armazena os números identificadores das Faces por ele separada, bem como os dos pontos extremos, podendo conter um ponteiro de ligação com o banco de dados, desde que o lado represente um segmento de uma feição linear.

Nodos, segundo ainda o mesmo autor, são unidades topológicas adimensionais, e pode significar apenas um dos pontos extremos de um Lado; ou então a posição de uma feição pontual. O registro deverá conter a identificação da Face onde se encontra, bem como o ponteiro de ligação, com o banco de dados, da feição original. Os registros contém as coordenadas do ponto, o que é verificado para os lados, com respeito aos pontos extremos.

CASTAÑEDA FILHO (15), cita que em uma estrutura topológica, o usuário poderá questionar o SIG sobre características de projeto (atributos) dos espaços culturais existentes em área estritamente residencial, ou ainda sobre a quantidade de semáforos em área comercial e na zona de ruído classe 2.

Para o autor acima, os sistemas que utilizam estruturas topológicas caracterizam-se pela aquisição de dados por digitalização, e são capazes de evitar a duplicação de linhas nas fronteiras entre polígonos, otimizando a ocupação de memória em disco, além de que o usuário não precisa preocupar-se com o traçado de formas fechadas ao digitalizar polígonos, onde o sistema se encarrega de inserir nodos, em cada intersecção de segmentos.

#### 2.3.9. Modelo Numérico do Terreno (MNT)

COLLINS citado por SALLES (71) descreve que a representação da superfície topográfica utilizando-se

computadores é realizada através de Modelo Numérico do Terreno, e que esse modelo consiste na distribuição espacial e sua representação numérica de um conjunto de dados da superfície topográfica.

SAKUDE (70) cita que o processo tradicionalmente empregado para a elaboração de curvas de nível, consiste na coleta de pontos altimétricos (cotas) de pontos de uma determinada superfície de interesse através de um levantamento de campo e, por meio de um processo de interpolação linear a obtenção dos demais pontos de mesma cota dessa superfície. Segundo o autor, esse processo de interpolação é cansativo pela repetitividade e não raramente impreciso pois, trata a superfície do terreno como se apresentasse variações homogêneas.

CORREIA et alii (21) conceituam Modelo Numérico do Terreno como sendo uma representação da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada à uma superfície real. De acordo com esses autores, uma das características é a altimetria, e o processo de geração do modelo é dividido em duas fases: uma fase de aquisição de amostras compreendida de digitalização de um conjunto de pontos e uma segunda fase que é a elaboração do modelo propriamente dito.

Os mesmos autores, citam que o modelo numérico do terreno é gerado a partir de um conjunto de pontos com coordenadas  $((x_i, y_i, z_i)$ , com  $i = 1, 2, \dots, n$ ) amostrados da superfície real.

FELGUEIRAS E ERTHAL (27) definem o Modelo Numérico do Terreno como sendo a variação de uma determinada

característica associada a cada ponto de uma porção do terreno.

Segundo MADRUGA e PEREIRA (40) a modelagem do terreno por funções matemáticas tem possibilitado através de pontos de controle, criar superfícies ou mesmo ajustar curvas que descrevem com fidelidade a distribuição espacial desses pontos. Sendo assim, a utilização de pontos de controle, "SOFTWARE" específico, e o uso de microcomputadores tem permitido modelar curvas e superfícies.

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) representativo de uma determinada superfície, de acordo com os autores acima, permite também a obtenção de informações que possibilitem o planejamento da superfície, estudando-se a altimetria do terreno (energia do relevo), o padrão de drenagem, a declividade, a textura de drenagem, a densidade de drenagem, a orientação de drenagem entre outras variáveis utilizadas no manejo de bacias hidrográficas.

Geralmente essas variáveis são obtidas por procedimentos tradicionais onde são utilizados cartas topográficas em escala adequada, curvímetros, réguas e outros instrumentos acessórios. Essa metodologia convencional de obtenção das variáveis citadas torna-se limitada, quando a região de estudo é extensa ou então quando o fator tempo é considerado. Nesses casos, a metodologia proposta, permite a obtenção dessas variáveis em tempo e custos menores e com maior precisão.

CORREIA et alii (21) comentam que a fase de aquisição das amostras compreende a digitalização de um



conjunto de pontos ,  $(x_j, y_j, z_j)$ , da superfície real de trabalho. Esta fase é determinante na qualidade final do modelo gerado. A amostragem pode ser regular ou irregularmente espaçada, mas não deve ser aleatória. Deve-se escolher como amostra, aqueles pontos representativos do comportamento da característica do terreno que se quer modelar. A fase de elaboração do modelo, envolve a geração de uma grade regular, a partir do conjunto de amostras que foi digitalizado.

#### 2.3.9.1. Importância do Modelo Numérico do Terreno - MNT

A representação de uma paisagem na forma de um MNT possui várias aplicações importantes, dentre outras, podemos apresentar as seguintes citadas por BURROUGH (11):

- Armazenamento de dados de elevação, para a elaboração de mapas digitais topográficos, num banco de dados de caráter nacional;
- Solução de problemas de cortes e aterros em desenhos e projetos de estradas, na área da engenharia civil e militar;
- Representação bi ou tridimensional de formas do terreno para fins militares (treinamento de pilotos), e para o desenho ou planejamento da paisagem (arquitetura);
- Para análise da visibilidade entre pontos (também para fins militares e planejamento da paisagem);
- Planejamento de estradas, locação de barragens, etc.;

- Para análises estatísticas e comparações de diferentes tipos de terrenos;
- Para confecção de mapas de declividade, perfis, sombras de relevo, mapas geomorfológicos, estudo da erosão, escoamento superficial e mapas de aspectos (estudos de convexidade e concavidade);
- Como um "background" para apresentação de informações temáticas ou para combinação de dados do relevo com dados temáticos, como tipo de solos, uso da terra ou vegetação;
- Fornecer dados para simulação de imagens de modelos de paisagens;
- Pelo cruzamento de altitude com outros atributos, o MNT pode representar níveis de população, índices de beleza visual, custo, níveis de poluição, tempo de transporte em diferentes tipos de relevo, nível do lençol freático, etc.

PEREIRA (55) comenta que a modelagem do terreno por funções matemáticas, tem possibilitado através de pontos de controle, criar superfícies ou mesmo ajustar curvas que descrevem com fidelidade a distribuição espacial desses pontos. Sendo assim, a utilização de pontos de controle, "SOFTWARE" específico, e o uso de microcomputadores tem permitido modelar curvas e superfícies.

O mesmo autor diz que o modelo numérico do terreno representativo de uma determinada superfície, permite também a obtenção de informações que possibilitem o planejamento da

superfície, estudando-se a altimetria do terreno (energia do relevo), padrão de drenagem, a declividade, a textura de drenagem, a densidade de drenagem, a orientação de drenagem entre outras variáveis utilizadas no manejo de bacias hidrográficas.

FELGUEIRAS et alii (26) afirmam que para a solução de problemas complexos em áreas de aplicação de monitoramento ambiental, geologia, mapeamento, planejamento rural e urbano, e outras, muitas vezes as informações de sensoramento remoto devem ser complementadas com outros tipos de informações, tais como, dados de mapeamento e de MNT.

#### 2.3.9.2. Métodos de Representação do MNT

As variações de elevações da superfície terrestre sobre uma área, pode ser modelada de muitas maneiras. O MNT pode ser representado através de superfícies definidas matematicamente, ou por imagens de pontos e linhas.

Tabela 02. Métodos de representação da superfície do terreno  
Fonte: BURROUGH (11)

##### A. Métodos Matemáticos

- A.1 Global Séries de Fourier  
Polinomial Multiquadrática
- A.2 Local Malha Regular  
Malha Irregular

##### B. Métodos Imagem

- B.1 Usando dados de pontos
  - Regular Densidade Uniforme  
Densidade Variavel
  - Irregular Triangulação  
Rede Próxima
  - Feições Críticas Picos  
Buracos

Continuação da Tabela 02.

---

	Desfiladeiros
	Fronteiras (divisas, limites)
B.2 Usando dados de linhas	
	Fatias Horizontal (contornos)
	Fatias Vertical (perfís)
	Linhas Críticas
	Cumé (cadeia de montanhas)
	Cursos de água
	Linha costeira
	Quebras em encostas

---

### 2.3.9.2.1. Métodos Matemáticos

Os procedimentos matemáticos envolvem o ajuste da superfície terrestre, utilizando-se de funções tridimensionais capazes de representar formas complexas com alto grau de suavização.

Existem segundo MADRUGA e PEREIRA (40), basicamente dois métodos matemáticos para a representação das formas de uma superfície de relevo:

- Um método, trata a superfície como sendo global - Esse método utiliza uma função tridimensional única, para ajustar toda uma superfície. Um exemplo desta função é descrita por JANCAITIS e JUNKINS (37), onde esses autores aplicam uma função polinomial para ajustar uma superfície. Enquadram-se nesse procedimento, a aplicação de séries de Fourier e polinômios multiquadráticos;

- O outro método trata-se de um ajuste local da superfície - Nesse caso a superfície a ser ajustada é dividida

em células quadradas ou irregulares de mesma área onde são tomadas observações ponto a ponto.

#### 2.3.9.2.1.1 - Funções Polinomiais, "Splines" e Bilinear

JANCAITIS e JUNKINS (37) em seu trabalho sobre modelamento irregular de superfícies e, citando os autores LIGHT, BIGGIN e JHONSON et alii, descreve que a cartografia automatizada requer o modelamento de superfícies mediante a criação de grades regulares muito finas e igualmente espaçadas para estimar pontos altimétricos a partir de pontos de controle ou observados.

O modelo matemático utilizado por esses autores é uma função matemática polinomial localmente válida, que representa uma superfície contínua. Dessa forma, a função matemática que expressa esse tipo de superfície, apresenta a seguinte forma generalizada:

$$Z = \sum_{ij} C_{ij} * x_i * y_j$$

onde: Z - altura estimada;

$C_{ij}$  - coeficiente do polinômio;

$x_i$  - abscissa do ponto considerado;

$y_j$  - ordenada do ponto considerado.

SAKUDE (72) citando McCORMAC descreve que para obter maior precisão na representação da superfície do terreno utilizam-se de modelos de superfícies de facetas triangulares ou de quadriláteros. Cita também que a intersecção do plano de nível com a superfície do terreno é uma poligonal podendo essa, ser suavizada para dar aparência de curva.

NERY e DIAS (48) citam que os interpoladores utilizados para a densificação de pontos nos Modelos Digitais do Terreno normalmente não consideram informações adicionais as quais o operador tem conhecimento, como rios, lagos (áreas planas) ou linha divisora de águas. Citam também que esses interpoladores consideram apenas a existência de pontos de controle.

BEZIER (09) introduziu um método que gera uma superfície definida por um conjunto de pontos de controle. A desvantagem dessa metodologia, é que o polinômio que define a superfície de interesse, apresenta tantos coeficientes quanto o número de pontos de controle.

PERSIANO (60) cita que a modelagem de curvas e superfícies apoiada por métodos computacionais freqüentemente usa funções "splines" para a sua representação paramétrica. Segundo o autor, as superfícies paramétricas são representadas geometricamente e algebricamente por uma sequência de pontos finitos no espaço equidistantes entre si, formando portanto, uma malha regular.

FELGUEIRAS et alii (26) citam que o problema de densificação, ou refinamento, de uma grade regular é um

problema específico de interpolação tridimensional.

SAKUDE (73) cita que os métodos de interpolação são utilizados quando se deseja que uma curva ou uma superfície passe por pontos de controle ou pontos dados.

NERY e DIAS (48) citam que o interpolador Beta-Spline tem a propriedade de que o operador modifique o viés e a tensão de cada célula da superfície através dos parâmetros beta-1 e beta-2. Com isso, os autores afirmam que é possível fazer com que a superfície tridimensional resultante adquira a forma desejável.

As funções Beta-Splines segundo esses autores, são uma generalização da conhecida B-Spline com a seguinte expressão:

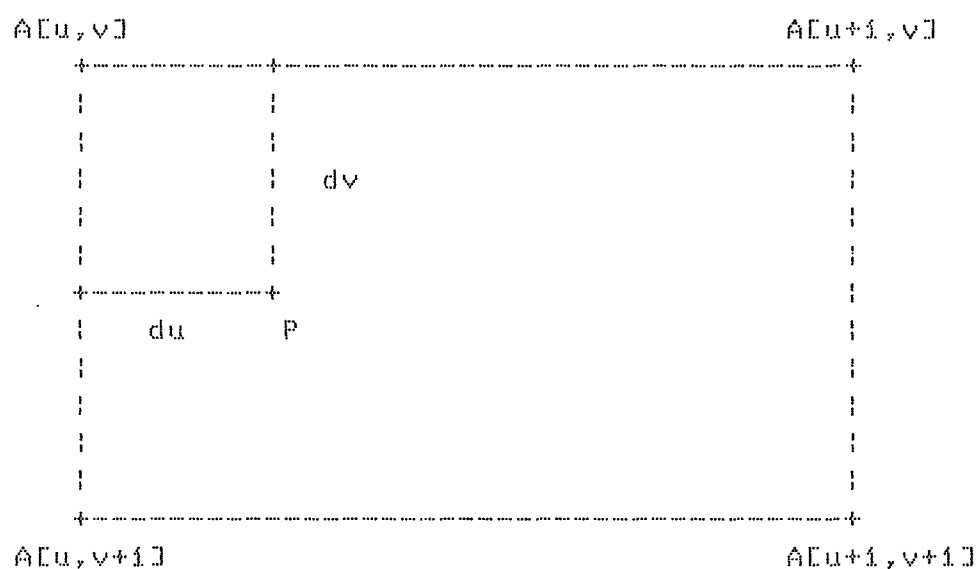
$$Q_{ij}(u,v) = \sum_{ij} V_{ij} * B_{ij}(u,v)$$

onde:  $Q_{ij}(u,v)$  - é a i-ésima e j-ésima célula determinada por 16 vértices de controle;

$V_{ij}$  - são os vértices de controle;

$B_{ij}$  - são funções de base com dois parâmetros independentes diferentes de zero localmente, positivos e de somatório igual a "um".

Um dos procedimentos utilizados para interpolar valores, é a função bilinear citada em RICHARDS (67) apresentando o princípio matemático aplicado na manipulação geométrica do realce de imagens digitais. Segundo esse autor, o procedimento nada mais é que um interpolador cujo valor à interpolar, depende de outros quatro pontos de controle adjacentes e distribuídos na forma de grade regular. Dessa forma a representação esquemática desses pontos de controle e ponto à interpolar tomam a seguinte configuração:



onde:

$A(u,v)$ ,  $A(u+1,v)$ ,  $A(u,v+1)$ ,  $A(u+1,v+1)$  - coordenadas

UTM dos pontos de controle que formam a célula do ponto à interpolar;

$P$  - ponto à interpolar;

$du$ ,  $dv$  - frações de distâncias entre 0 e 1 a partir dos respectivos eixos de coordenadas.



A expressão que define o valor do ponto interpolado é:

$$Z = A[u,v] + du \cdot (A[u+1,v] - A[u,v]) + dv \cdot (A[u,v+1] - A[u,v]) + du \cdot dv \cdot (A[u+1,v+1] - A[u+1,v] - A[u,v+1] + A[u,v])$$

onde:

$Z$  - valor da cota interpolada para o ponto  $P$ .

Uma outra função geralmente utilizada na interpolação de pontos são as chamadas funções "splines", que consistem em ajustar uma curva suave passando por pontos de controle inicialmente fornecidos. Segundo WEGMAN e WRIGHT (85), a definição de "spline" aplicada a engenharia pode ser associada ao desenho de curvas suaves entre pontos. Essas curvas são facilmente desenhadas utilizando curva francesa.

WEGMAN e WRIGHT (85) citam que o problema principal é ajustar uma curva interpolando-a de tal forma a passar por pontos  $(x_i, y_i)$  com  $i = 1, \dots, n$  num plano. Por razões computacionais, esses autores aconselham estabelecer uma malha regular com os pontos  $(x_i, i=1, 2, \dots, n)$ .

Uma interpolação com "spline" cúbica com malha 'd', escrita na forma  $s_d''(x_i)$ , apresenta os pontos interpolados  $(x_i, y_i)$  e  $h_i = x_{i+1} - x_i$  e  $M_i = s_d''(x_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Esses autores, apresentam o seguinte exemplo de interpolação polinomial entre os pontos  $(x_i, y_i)$  e  $(x_{i+1}, y_{i+1})$ :

$$\begin{array}{ccc}
 x_j, y_j & +-----+ & x_{j+1}, y_j \\
 | & & | \\
 | & & | \\
 | & & | \\
 | & & | \\
 | & & | \\
 | & & | \\
 | & & | \\
 x_j, y_{j+1} & +-----+ & x_{j+1}, y_{j+1}
 \end{array}$$

$$y = a_j(x-x_j)^3 + b_j(x-x_j)^2 + c_j(x-x_j) + d_j$$

Obtendo várias derivativas e avaliando os pontos de controle também denominados de 'nó', os coeficientes podem ser determinados como segue:

$$b_j = M_j/2$$

$$a_j = (M_{j+1} - M_j)/6h_j$$

$$c_j = ((y_{j+1} - y_j) / h_j) - 2(h_j M_j + h_j M_{j+1})/6$$

$$d_j = y_j \quad [1]$$

Segundo WEGMAN e WRIGHT (85), o problema para ajustar uma curva para os pontos citados reduz-se a encontrar o valor de  $M_j$ . As equações que relacionam o  $M_j$  são obtidas pela continuidade da primeira derivativa da spline, com as relações citadas em [1], para atribuir:

$$h_{j-1} M_{j-1} + (2h_{j-1} + 2h_j)M_j + h_j M_{j+1} = 6 (y_{j+1}-y_j)/h_j - (y_j-y_{j-1})/(h_{j-1})$$

Para  $i = 2, 3, \dots, n-1$  e com o requisito que  $M_1 = M_n = 0$ , que caracteriza um "spline" natural, conduza à um sistema

de equações lineares para  $M_2, \dots, M_{n-1}$  facilmente determinável. (WEGMAN e WRIGHT (85)).

#### 2.3.9.2.1.2. Erros Gerados na Regularização da Grade (Tipo I e II)

São definidos segundo GOMES e DIAS (30) basicamente dois tipos de erros gerados na regularização da grade, do Tipo I e do Tipo II.

Erros do Tipo I, segundo os autores acima, ocorre quando o algoritmo de seleção de amostras escolhe dados não representativos da amostra muito embora, eles existam. Segundo os autores a utilização do método de amostragem do vizinho mais próximo por quadrante, apenas encontraria os pontos mais próximos (A, B, C e D) da curva de nível com Cota 100 m, conforme a Figura 10, sendo que seria muito mais eficiente uma interpolação entre os pontos 1 e 2.

Erro do Tipo II de acordo com GOMES e DIAS (30) não é causado pelo procedimento de seleção de amostras, mas sim porque o documento cartográfico não possui boas amostras na região de ocorrência destes erros. Esse tipo de erro pode ser verificado na Figura 11, onde as áreas A e B representam respectivamente o vale e o pico da região.

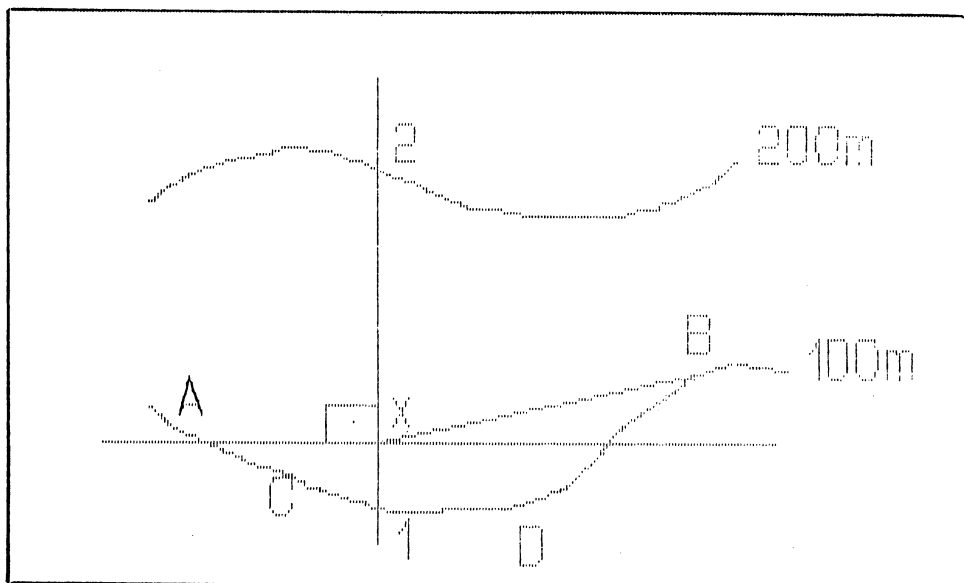


Figura 10. Erro do TIPO I. Fonte: GOMES e DIAS (30).

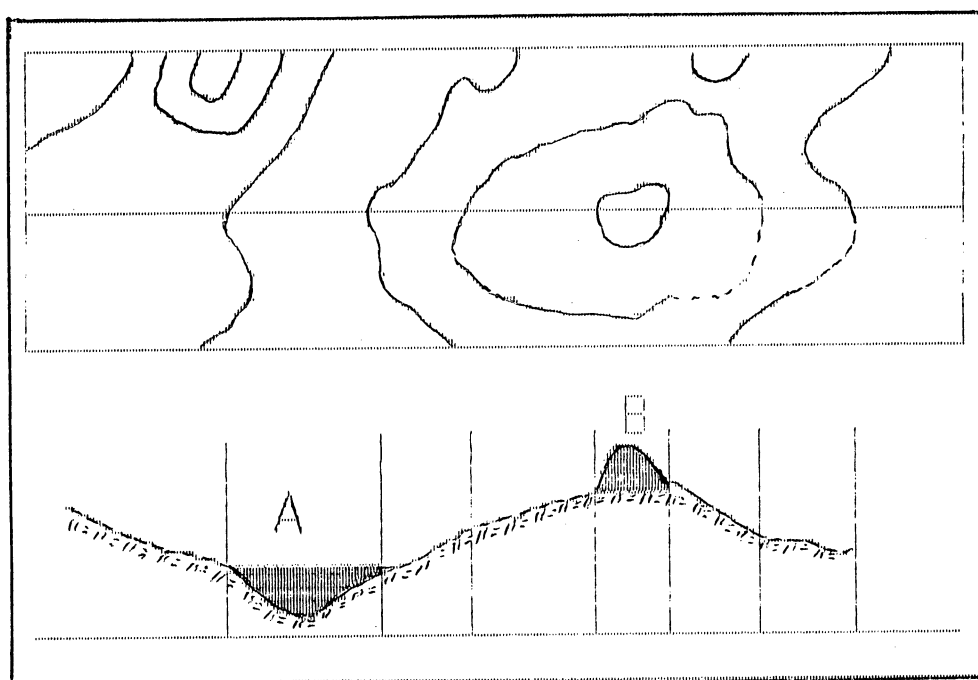


Figura 11. Erro do TIPO II. Fonte: GOMES e DIAS (30)

#### 2.3.9.2.2. Métodos Imagem

Esses métodos compreendem dados que representam linhas e pontos.

##### 2.3.9.2.2.1. Modelos Linha

Segundo MADRUGA e PEREIRA (40) o método mais comum, que utiliza dados em forma de linhas, é aquele nos quais os modelos de terreno são obtidos a partir de linhas de curvas de nível. Os perfis são usualmente derivados da análise de inclinação, da construção de ortofotomapas ou a partir de diagramas de blocos. Considerando que os contornos são desenhados geralmente sobre mapas existentes eles são uma fonte pronta de dados para MNT e podem ser automaticamente obtidos através de "scanner's". Esta digitalização não possui a mesma qualidade coma a obtida diretamente de medições fotogramétrica.

CERUTI (16) e YOELI (86) descrevem algoritmos para interpolação de linhas de contorno para matrizes de altitude.

OSWALD e RAETZSCH (52) apresentam um sistema para geração de matrizes de altitudes discreta, através de um conjunto de polígonos representando contornos que foram digitalizados manualmente ou por "escanerização" "raster", complementados pela drenagem e linhas de cumeada.

#### 2.3.9.2.2.2. Modelos Pontos.

BURROUGH (11) apresenta a Matriz de Altitude e a Rede de Triangulação Irregular como Modelos Pontos.

a) Matriz de altitude - A forma mais comum de MNT é a matriz de altitude ou grade retangular regular, que são obtidas pelas medições quantitativas provenientes de fotografias aéreas interpretadas tridimensionalmente em estereoploter analíticos como por exemplo o GESTALT GPM-II. Outra alternativa é a matriz de altitude obtida pela interpolação de dados de pontos com espaçamento regular ou irregular. A Inglaterra e os Estados Unidos estão completamente cobertos com uma matriz grosseira derivadas de mapas topográficos em escala de 1:250.000, e uma matriz de alta resolução em altura baseada em mapas com escalas de 1:50.000 ou 1: 25.000.

b) A rede de triangulação irregular - Este sistema foi desenvolvido por PEUKER e CHRISMAN (61) para MNT, evitando a redundância da matriz de altitude e ao mesmo tempo tornando-se mais eficiente, para muitos tipos de cálculos, do que sistemas baseados somente em contornos digitalizados.

C A P Í T U L O    3  
MATERIAL E MÉTODOS

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização Geral da Área

A área de estudo corresponde a Sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande. (Figura 12).

A sub-bacia está localizada entre as coordenadas geográficas  $53^{\circ}33'07''$  e  $53^{\circ}49'28''$  de longitude Oeste e  $29^{\circ}29'20''$  e  $29^{\circ}43'39''$  de latitude Sul, com uma área de 27.682,41 ha.

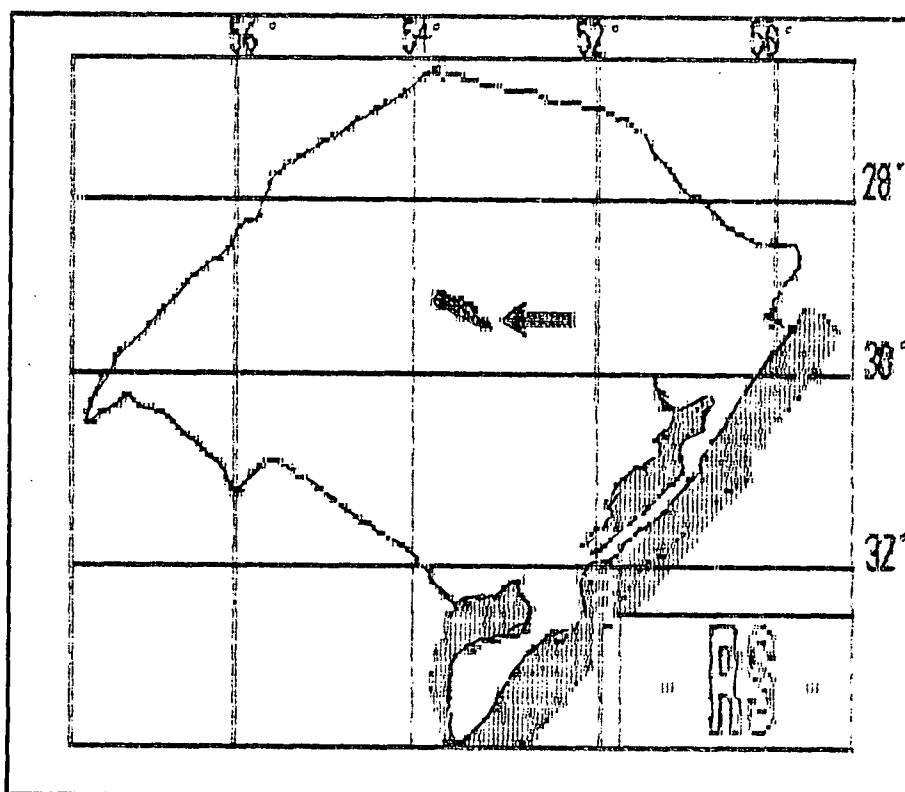


Figura 12. Localização da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande



Ao Norte na sub-bacia situa-se o Planalto Arenito-Basáltico, que, segundo PROPLASA (63), é constituído pela Formação Serra Geral (lavas basálticas) intercalada por arenitos da Formação Botucatu e Santa Maria; o relevo é de chapadões arenitos de cobertura basáltica. A escarpa arenito-basáltica do Planalto Meridional, a Serra Geral, corta o Rio Grande do Sul e a sub-bacia em estudo no sentido leste-oeste e tem altitudes que segundo BORTOLUZZI (10), variam entre 420 e 470 m.

Ao sul da sub-bacia existe a Depressão Central formada pelo Grupo Tubarão, constituído por arenitos, sílticos e folhelos. Aquele relevo é formado por grandes planícies aluviais, colinas e coxilhas.

### 3.1.1. Vegetação

Segundo BORTOLUZZI (10) a vegetação é composta por formações florestais e por formações campestres (Campos Limpos). Sobre o Rebordo do Planalto encontra-se a Floresta Subcaducifolia Subtropical, formação característica da Serra Geral. A vegetação arbórea pode ainda ser identificada sob a forma de mata-galeria, tanto sobre o Planalto como na Depressão Central, ocorrendo entre as formações campestres.

Os Campos Limpos, comumente chamados de pastagem natural, ocupam quase totalmente a parte pertencente à Depressão Periférica da sub-bacia. É comum encontrar capões de mata de pequeno e grande porte espalhados pelos campos limpos.

A Floresta Subcaducifolia subtropical é, segundo RAMBO (65), uma verdadeira cerca viva de folhas de arbustos e gramináceas, com arbustos de um a três metros de altura, com troncos finos elásticos, geralmente pertencentes a família das rubiaceas. O crescimento processa-se em grande densidade, sobressaindo de seu meio árvores de porte médio como a laranjeira do mato (*Actinostemon concolor*) e o sincho (*Soroea ilicifolia* Mig.).

### 3.1.2. Clima

De acordo com Koppen, citado por PROPLASA (63), predomina na região o clima Cfa (subtropical ou virginiano) úmido, sem estiagem.

MACHADO (39) cita que a temperatura média anual é de 19°C; a média das máximas do mês mais quente é 31,5°C e a média das máximas do mês mais frio é 13,4°C, a média das temperaturas mínimas do mês mais quente é superior a 22°C e do mês mais frio entre 3 e 18°C. Geralmente o mês mais quente corresponde a janeiro e o mais frio a julho. O número de dias de geada é de 10 a 20 por ano; os verões e invernos são brandos, embora haja registro de temperaturas de 40°C e de -4°C.

A precipitação normal atinge 1.700 mm anuais, com uma frequência de 113 dias. A média anual da umidade relativa é 82%.

Segundo PROPLASA (63) os ventos dominantes são os de Leste-Oeste com 15 km/hora. Os ventos mais intensos são de Norte-Sul, podendo atingir 120 km/hora, o qual constitui uma característica típica da região, em termos de clima. A região é periodicamente invadida por Massas Polares e Frentes Frias (Frente Polar Atlântica), responsáveis pelo abaixamento das temperaturas e pela regularidade na distribuição das precipitações, respectivamente.

### 3.2. Material Utilizado

O material utilizado no presente trabalho consta dos itens seguintes:

#### 3.2.1. Documentação Fotográfica

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram necessários aerofotogramas pancromáticos, que cobrem a área da sub-bacia em estudo, resultantes do Projeto SACS (Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul) realizado em todo o Estado do Rio Grande do Sul em 1975, com escala aproximada de 1:110.000. Os aerofotogramas que cobrem a sub-bacia hidrográfica estão apresentados na Tabela 03.

Foram utilizados também aerofotogramas pancromáticos escala aproximada 1:60.000, provenientes do voo AST 10, do ano de 1964.

Para facilitar a reambulação e conferir resultados da interpretação das Imagens orbitais, foram tomadas fotografias aéreas 135 mm, coloridas, a uma altura aproximada de voo de 2.000 m.

### 3.2.2. Documentação Cartográfica:

Para a elaboração do mapa-base e do mapa de classes de declividade, foram utilizadas cartas topográficas em escala de 1:50.000 elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, apresentadas na Tabela 04.

### 3.2.3. Imagens de Satélite (TM)

Na atualização do Mapa de Uso da Terra utilizou-se imagens do satélite LANDSAT 5 (Mapeador Temático), escala 1:100.000, órbita-ponto 223/081B, composição de canais 2,3 e 4, de 24 de fevereiro de 1987, e 3,4 e 5, de 29 de julho de 1987.

### 3.2.4. Equipamentos de Laboratório e Material Necessário aos Trabalhos de Campo

Nos trabalhos de interpretação visual das imagens TM foram utilizados os seguintes materiais:

- Poliéster "Mate" 1 lado;

- Mesa de Luz e luminária com lupa;
- Material de desenho.

No processo de compilação dos mapas, utilizou-se a câmara clara "Map-O-Graph".

Nos trabalhos de fotointerpretação utilizou-se estereoscópio de espelho e de bolso.

Nos trabalhos de campo foi necessário o seguinte material:

- Binóculo;
- Máquina fotográfica: lentes grande angular, normal, 135 mm e 500 mm, equipadas com filtros.
- Bússola;
- Prancheta de campo.

Tabela 03. Aerofotogramas do voo SACS que cobrem a área de estudo.

FAIXA	NÚMERO			DATA DE TOMADA
16	1063	a	1066	06 de maio de 1975
17	995	a	988	06 de maio de 1975
18	924	a	930	05 de maio de 1975

Tabela 04. Relação e posição das cartas topográficas utilizadas (Escala 1:50.000).

	53°45'		53°30' W Gr
			-29°15'
	VAL DE SERRA		
	FOLHA		
54°00'	SH-22-V-C-I-4		53°15'
			-29°30'
SANTA MARIA	CAMOBI		
FOLHA	FOLHA		
SH-22-V-C-IV1	SH-22-V-C-IV-2		53°00'
			-29°45'

### 3.2.5. "HARDWARE"

A digitalização dos mapas, calculos de áreas, desenvolvimento do sistema, impressão dos resultados (Tabelas), entre outras atividades, necessitaram do seguinte "HARDWARE":

- .. Micro-computador AT com Disco Rígido de 40 MBytes;
- .. Monitor de Vídeo padrão Ega;
- .. Mesa Digitalizadora;
- .. Impressora Matricial 132 colunas.

### 3.3. Métodos

No mapeamento temático, quantificação das áreas, bem como na análise dos dados obtidos, a metodologia adotada foi a seguinte:

#### 3.3.1. Mapa-base

A elaboração do mapa-base fundamentou-se nas cartas topográficas da DSG, escala 1:50.000. A sub-bacia hidrográfica foi delimitada sobre estas cartas, sendo o divisor d'água identificado pela fotointerpretação, bem como a rede de drenagem e lançados por câmara clara sobre a base cartográfica.

Fixou-se um poliester sobre a área, copiando-se o limite da sub-bacia, a rede de drenagem, as estradas, localidades e coordenadas UTM (Universal Transverse of Mercator).

O mapa assim elaborado serviu de base para os demais mapas.

### 3.3.2. Mapa de Classes de Declividade

Para a elaboração do mapa de classes de declividade, inicialmente copiou-se sobre o mapa-base da sub-bacia, as curvas de nível das cartas topográficas.

Na definição do número de classes de declividade na área da sub-bacia, adotou-se a classificação proposta por Crofts, citado por FUCHS (28). As classes de declividade foram definidas de acordo com as declividades críticas para determinados usos da terra (Tabela 05).

Tabela 05. Classes de declividade , aptidões e/ou limitações

Fonte: FUCHS (28)

DECLIVIDADE (%)	APTIDÕES E/OU LIMITAÇÕES
Inferior a 2	Suscetível de enchentes e problemas de drenagem
2 a 5	Solo arável, suporta maquinaria pesada
5 a 10	Propício à mecanização, estabelecimento de rodovias e áreas residenciais. Restringe a irrigação e o controle da erosão do solo já se torna necessário

Continuação da Tabela 05.

10 a 25	Muito íngreme para cultivos, necessita cuidados especiais para controlar a erosão; suscetível a instalações urbanas, exigindo infraestrutura de alto custo.
Superior a 25	Sérios problemas de erosão e de instabilidade de vertentes, são áreas de preservação florestal e propícias a estação de veraneio.

O mapa de classes de declividade foi elaborada através do mapeamento destas cinco classes de declividade, elaborada a partir da utilização de um ábaco de declividade, cujos métodos de elaboração e manuseio são explanados por DE BIASI (22), a partir da fórmula:

$$\%D = (DN/DH) \cdot 100$$

Onde: %D = percentagem de declividade;

DN = diferença de nível dada pelo intervalo  
entre duas curvas de nível;

DH = distância horizontal entre duas curvas  
de nível consideradas.

Isolando-se o parâmetro desconhecido (DH) chega-se à seguinte fórmula:

$$DH = (DN \cdot 100) / \%D$$

Aplicando-se a fórmula, chegou-se aos cinco valores gráficos de DH na escala do mapa de declividade correspondentes aos intervalos de cada classe considerada. Com



estes valores, construiu-se o ábaco, levantando-se cinco perpendiculares sobre uma linha-base. Estas perpendiculares, de dimensões inversamente proporcionais aos valores da declividade, definiram o traçado da linha inclinada que completará o desenho do ábaco.

Na utilização do ábaco, basta deslocá-lo entre duas curvas de nível, fazendo-se coincidir a direção de determinada perpendicular do ábaco, entre duas curvas de nível. A superfície da carta compreendida entre as duas curvas de nível analisadas foi assinalada por uma cor ou tonalidade, previamente determinada, definindo a classe que o ábaco estiver acusando, tendo-se o cuidado de seguir o relevo visto em terceira dimensão, evitando-se assim o fenômeno denominado "isolinha".

### 3.3.3. Mapa de Uso da Terra

Testou-se diferentes combinações entre os canais das imagens TM da região que contém a sub-bacia, a fim de se determinar qual a melhor combinação a ser utilizada na atualização do Uso da Terra. Este procedimento foi necessário pelas características da região, pois a mesma apresenta dois tipos diferentes de relevo, um de alta declividade e outro praticamente plano, devendo-se levar em conta o fato de que a região é tipicamente de minifúndio, e a bibliografia com referência ao assunto é mínima.

A metodologia de interpretação visual e mapeamento do uso da terra sobre imagens TM, foi a sugerida e empregada por IBDF/UFSC (34).

Inicialmente procedeu-se a elaboração de uma chave de interpretação visual aplicada as imagens TM do LANDSAT 5, para a sub-bacia hidrográfica. Os critérios de interpretação considerados foram:

- Tonalidade;
- Forma;
- Textura;
- Localização e Convergência de Evidências.

A combinação dos critérios com os elementos de uso, foi efetuada através de uma fotoidentificação com correlação visual do uso da terra com os parâmetros fotográficos. Constatou-se nesta etapa o apoio de fotografias aéreas e panorâmicas da área, bem como viagens a campo para a aferição (reambulação).

No presente caso, o nível de diferenciação e detalhamento dos grupos de uso da terra, apresentou duas situações quando da interpretação visual:

- As formas do uso da terra foram mapeadas individualmente;
- As formas de uso da terra foram mapeadas, sob forma de consorciação de elementos identificados e de convergência de evidências.

Desta maneira, estabeleceu-se que cada mancha interpretada, de acordo com a chave de interpretação visual e o apoio bibliográfico, foi uma unidade de Uso da Terra. Esta unidade configurou um conjunto, que apresentou em seu domínio uma ou mais formas de Uso da Terra, originando assim um conjunto de um elemento isolado ou um conjunto integrado por elementos consorciados cujo detalhamento individual foi impossível. Porém, o detalhamento do conjunto, bem como a predominância relativa de um elemento sobre o outro, em seu interior, é possível mediante a interpretação visual, o apoio bibliográfico e a análise das evidências.

Assim, de acordo com a Figura 13, pode-se ter a seguinte representação esquemática do Uso da Terra por conjunto, notando-se a consorciação máxima de 3 grupos, cuja diferenciação é possível, e com probabilidade de ocorrência no interior do conjunto, sem que se tenha erros maiores de interpretação.

A notação destas consorciações obedece a seguinte sistemática:

- [A] - Notação do conjunto quando há a ocorrência, de único grupo de Uso da Terra na mancha interpretada, igual definição para [B] e [C];
- [AB] - Grupos A e B intercalados em igualdade de proporção na mancha interpretada;
- [AB(C)] - Grupos "A" e "B" predominantes intercalados em igual proporção na mancha e com a presença esparsa do grupo (C);

[A(BC)] - Grupo "A" predominante na mancha e com a presença esparsa em igual proporção dos grupos "B" e "C";

[ABC] - Grupos "A", "B" e "C" intercalados em igual proporção na mancha interpretada.

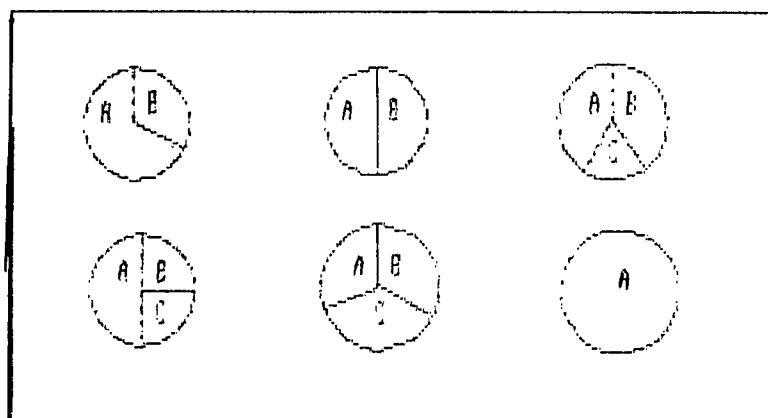


Figura 13. Representação Esquemática por Conjunto das Consorciações Possíveis Entre os Grupos de Uso da Terra.

As consorciações de grupos de uso da terra nas manchas interpretadas, definiram, além da proporção de ocupação espacial da área, a provável tendência de ocupação da área em termos agrícolas, pastorís, etc., pelos elementos constituintes de consorciação.

A justificativa da representação da tendência de ocorrência dos grupos do Uso da Terra é relacionada as limitações das imagens orbitais dada a impraticabilidade de se definir com clareza, e precisão, a identificação e classificação de uma mancha como seria o desejado. Esta

condição adversa é substituída pela determinação da tendência de ocupação da área pelos elementos de Uso da Terra ocorrentes na região.

É dado o enfoque durante o processo de foto análise de dados de fatores intrínsecos a região, tais como clima, topografia, solos, aptidão agrícola, vegetação natural, estrutura fundiária, estrutura sócio-econômica, produção, etc.

Estes fatores são evidências que quando convergidas a um objetivo comum indicam determinadas tendências, no caso, a tendência provável do Uso da Terra na mancha interpretada. E ainda, analisou-se os parâmetros fotográficos da imagem de acordo com a chave de interpretação visual.

Em muitos casos, entre uma imagem e outra de uma mesma região, em função de datas diferentes, ocorrem mudanças expressivas nos parâmetros aerofotográficos integrantes da chave de interpretação visual, o que proporciona uma série de dificuldades na identificação e classificação dos grupos de Uso da Terra, bem como, na análise da ocorrência e proporção entre um e outro grupo de Uso da Terra em uma mancha interpretada.

É em função destas dificuldades que se analisou uma série de evidências concernentes a sub-bacia em estudo, buscando a convergência das mesmas, no sentido de estabelecer os grupos de Uso da Terra que provavelmente ocorrem na mancha, procurando assim indicar a presença e a proporção de ocorrência, bem como a tendência dos mesmos ocuparem o espaço em questão.

Os elementos no mapa de Uso da Terra estão assinalados de acordo com a seguinte legenda, desenvolvida a partir dos seis grupos de Uso da Terra.

- 1 - Florestas nativas;
- 1R - Reflorestamento;
- 2b - Pastagens natural e plantada;
- 3 - Agricultura;
- 3a - Cultivos anuais irrigados (arroz);
- 3b - Culturas anuais em cultivos de terreno seco;
- 3e - Lavoura de subsistência;
- 4 - Construções
- 5 - Águas
  - 5a - Açudes;
  - 5c - Lagoas e Rios;
  - 5d - Banhados e áreas inundáveis;
- 6 - Areias e afloramentos.

Obs. Os elementos no mapa estão identificados por símbolos gráficos, eliminando assim o código da legenda.

A etapa de reambulação, concomitante com a da interpretação visual, foi realizada por meio do emprego de um roteiro rodoviário previamente estabelecido, através de cartas topográficas da DSG.

Foi efetuado um sobrevôo sobre a sub-bacia, onde foram tiradas fotografias aéreas 135 mm e sanada alguma dúvida de interpretação.

#### 3.3.4. Transferência dos Dados Interpretados para o Mapa-base

Para a transferência dos dados interpretados para o mapa-base foi usado o Map-O-Graph, aparelho apropriado para adaptar escalas diferentes, facilitando assim a transferência dos elementos interpretados em escalas diferentes para o mapa-base na escala de 1:50.000.

#### 3.3.5. Determinação dos Coeficiente de Rugosidade

Com a finalidade de averiguar o uso potencial da terra e determinar áreas de conflitos, foi determinado os RN das microbacias contidas na sub-bacia.

Os RN comparados com o Uso da Terra, determinam as possíveis áreas de conflitos.

Estas áreas de conflito indicaram as microbacias onde ocorre o uso inadequado das terras, indicando as áreas a serem reflorestadas e os tratos culturais e conservacionistas necessários.

O Coeficiente de Rugosidade é dado por:

$$RN = D \times H$$

$$D = (\text{Somatório } 1)/A$$

$$H = (\text{Somatório CN} * Dh) / A * 100$$

Onde:

D = Densidade de drenagem da microbacia;

H = declividade média da microbacia;

l = comprimento dos afluentes (ravinas, canais e tributários) da microbacia (km);

A = área da microbacia (ha);

Dh = equidistância das curvas de nível (hm);

CN = comprimento das curvas de nível da microbacia (hm).

O produto  $D \times H$  mostra nitidamente que quanto maior for o valor do RN maior será o perigo de erosão na microbacia. O RN é adimensional.

Os RN são classificados em 4 classes, e definem áreas destinadas a:

A - terras apropriadas para agricultura;

B - terras apropriadas para pastagens;

C - Terras apropriadas para pastagens e reflorestamento;

D - terras apropriadas para reflorestamento.

Pelo cálculo da Amplitude e Intervalo de Classe, e um número de classes igual a 4, distribui-se os valores dos RN dentro das classes A, B, C ou D.



### 3.3.6. Mapa de Solos

Os solos foram levantados a nível de reconhecimento e classificados de acordo com as normas do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - EMBRAPA, do Ministério da Agricultura.

Para a delimitação das unidades de mapeamento utilizou-se, principalmente, a interpretação estereoscópica de fotografias aéreas, em escala aproximada de 1:60.000, apoiada em observações de campo, que incluíram abertura de trincheiras, com descrição e coleta de amostras de perfís e tradagem complementares.

O mapa de solos foi elaborada pelo Departamento de Solos do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria.

### 3.3.7. Mapa Geomorfológico

A Geomorfologia, como outras geociências, usa técnicas cartográficas e estatísticas, auxiliares na explicação e interpretação das formas do relevo e como documentos de base, mapas e dados dos sensores remotos. As cartas topográficas são a base das análises morfométricas e a fotointerpretação é técnica auxiliar no levantamento e reconhecimento dos fatos e base para elaboração de mapas geomorfológicos.

A elaboração do mapa geomorfológico baseou-se no método citado por PENTEADO (56).

Na elaboração do Esboço Geomorfológico da sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande, foram utilizados Aerofotogramas pertencentes ao Serviço Aerofotogramétrico Cruzeiro do Sul S/A (SACS), escala aproximada 1:110.000, ano 1975, números 28, 29, 30, 31 e 32, lançadas sobre o mapa base elaborado por compilação de cartas topográficas da DSG.

#### 3.3.8. Banco de Dados

Para o armazenamento, Manejo (atualização através do monitoramento) e apresentação das informações que constam do Banco de Dados referentes a Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande, foi desenvolvido um programa específico.

As informações que constam do Banco de Dados para serem associadas ao sistema, foram obtidas através dos diferentes tipos de mapas (atributos espaciais), bem como as provenientes de seus cruzamentos. Além dessas informações, outras poderão ser levantadas (atributos não espaciais), como por exemplo:

- Localização geográfica da sub-bacia;
- Área da sub-bacia;
- Clima;

- Densidade populacional;
- Características Morfológicas:
  - „ Comprimento da vazão superficial;
  - „ Densidade de Drenagem;
  - „ Sinuosidade dos Cursos D'água;
  - „ Padrões de Drenagem.
- Índice de Circularidade;
- Índice de Forma;
- Declividade Média;
- Coeficiente de Compacidade;
- Coeficiente de Rugosidade;
- etc.

### 3.3.9. Desenvolvimento do Sistema

O sistema foi desenvolvido através de algoritmos matemático específico para cada programa, no qual levou-se em conta os diferentes mapeamentos, bem como os dados da sub-bacia contidos no Banco de Dados.

### 3.3.9.1. Planos de Informações

Os Planos de Informações considerados, foram os obtidos dos mapas de Solos, Uso da Terra, Classes de Declividade, Curvas de Nível e Rede de Drenagem.

No Mapa de Solos, considerou-se como sendo um PI cada uma das diferentes unidades de solos encontrada na sub-bacia. A Tabela 06 apresenta os diferentes PIs correspondentes a cada classificação do solo.

Tabela 06. Planos de Informações e Classes de Solos Encontrado na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS

PI	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO
SOL 1	Podzólico Vermelho-Escuro Álico
SOL 2	Solo Litólico Distrófico Relevo Ondulado
SOL 3	Podzólico Vermelho-Escuro Álico e Litólico Distrófico
SOL 4	Solo Litólico Eutrófico Relevo Montanhoso
SOL 5	Solo Litólico Distrófico Relevo Forte Ondulado
SOL 6	Terra Bruna-Estruturada Álica e Solo Litólico Distrófico
SOL 7	Solo Litólico Eutrófico-Cambissolo-Colúvios
SOL 8	Cambissolo Eutrófico e Distrófico
SOL 9	Solo Litólico Eutrófico Relevo Forte Ondulado
SOL 10	Podzólico Bruno-Acinzentado Álico e Colúvios
SOL 11	Planossolo Distrófico e Eutrófico

Com relação ao mapa de Uso da Terra, os Planos de Informações foram considerados como sendo cada um dos temas

encontrados.

A Tabela 07 apresenta os Planos de Informações e os respectivos temas de Uso da Terra.

Na digitalização dos PI, efetuou-se um agrupamento de algumas classes de uso da terra, em razão do elevado número de classes identificadas e mapeadas no interior da sub-bacia.

Assim considerou-se duas classes como subdivisões.

Tabela 07. Planos de Informações e Temas de Uso da Terra Digitalizados na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS.

CLASSE	PI	CARACTERÍSTICA
FLORESTA	FLTA	Florestas em Áreas Declivosas
	FLR	Floresta ao longo dos rios
	REFLO	Reflorestamento
CULTIVOS AGRÍCOLAS e PASTAGENS	CAIR	Cultivos Agrícolas Irrigados
	ATCIFL	Cultivos Agrícolas de Terreno Seco no Interior de Florestas
	PASIF	Áreas de Pastagens no Interior de Florestas
	AP	Áreas de Agricultura e Pastagens em Rotação
	PCATC	Áreas de Pastagens Naturais

O mapa de Classes de Declividade constou de 5 classes, onde cada classe assume um PI. A Tabela 08 apresenta os PIs digitalizados e as classes de declividades correspondentes.

Tabela 08. Planos de Informações e Classes de Declividades encontradas na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS

PI	CLASSES DE DECLIVIDADE
DEC1	Menor ou Igual a 2%
DEC2	De 2 a 5%
DEC3	De 5 a 10%
DEC4	De 10 a 25%
DEC5	Maior do que 25%

As Curvas de Nível digitalizadas foram agrupadas em um arquivo (AGCN.DAT), formando portanto somente um PI.

A Rede de Drenagem foi digitalizada levando-se em consideração a ordem dos tributários. Para a Bacia Hidrográfica do Arroio Grande dividiram-se os tributários em 5 ordens..

A digitalização de todas as ordens dos tributários da Rede de Drenagem foram agrupadas em um único arquivo (AGRD.DAT), para fins de cruzamento com os demais PIs.

Os Planos de Informações totalizaram 28, sendo 11 Classes de Solos, 8 Temas de Uso da Terra, 5 Classes de Declividade, 1 PI correspondente as Curvas de Nível e 1 PI correspondente aos Tributários da Rede de Drenagem.

Esses PIs foram cruzados entre si, gerando diferentes tipos de mapas (representação logogramática) e dados tabelados, importantes para o manejo correto da sub-bacia hidrográfica..

### 3.3.10. Programas de suporte ao SIG (SGMIBH – Sistema Georeferenciado de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas)

Foram elaborados programas suporte, com a finalidade de auxiliar o SIG nos processos de digitalização dos Planos de Informações (PIs), delimitação do polígono máscara (área da sub-bacia), cálculo das áreas de cada tema, comprimento das curvas de nível, cálculo dos RN, Classes de Declividade, Rede de Drenagem (cálculos e digitalização) e posterior cruzamento dos diferentes PIs.

Estes programas componentes do Sistema Georeferenciado de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas, podem ser considerados, pelas informações geradas, como programas fins.

A Figura 14 apresenta o fluxograma dos programas de suporte ao SIG.

#### 3.3.10.1. Programa NIVELDAT

O programa NIVELDAT é parte constituinte do Sistema Georeferenciado de Manejo Integrado de Bacias Hidrográfica (SGMIBH).

Suas principais aplicações são a digitalização de Curvas de nível, cálculos de áreas e comprimentos referentes a esses planos.

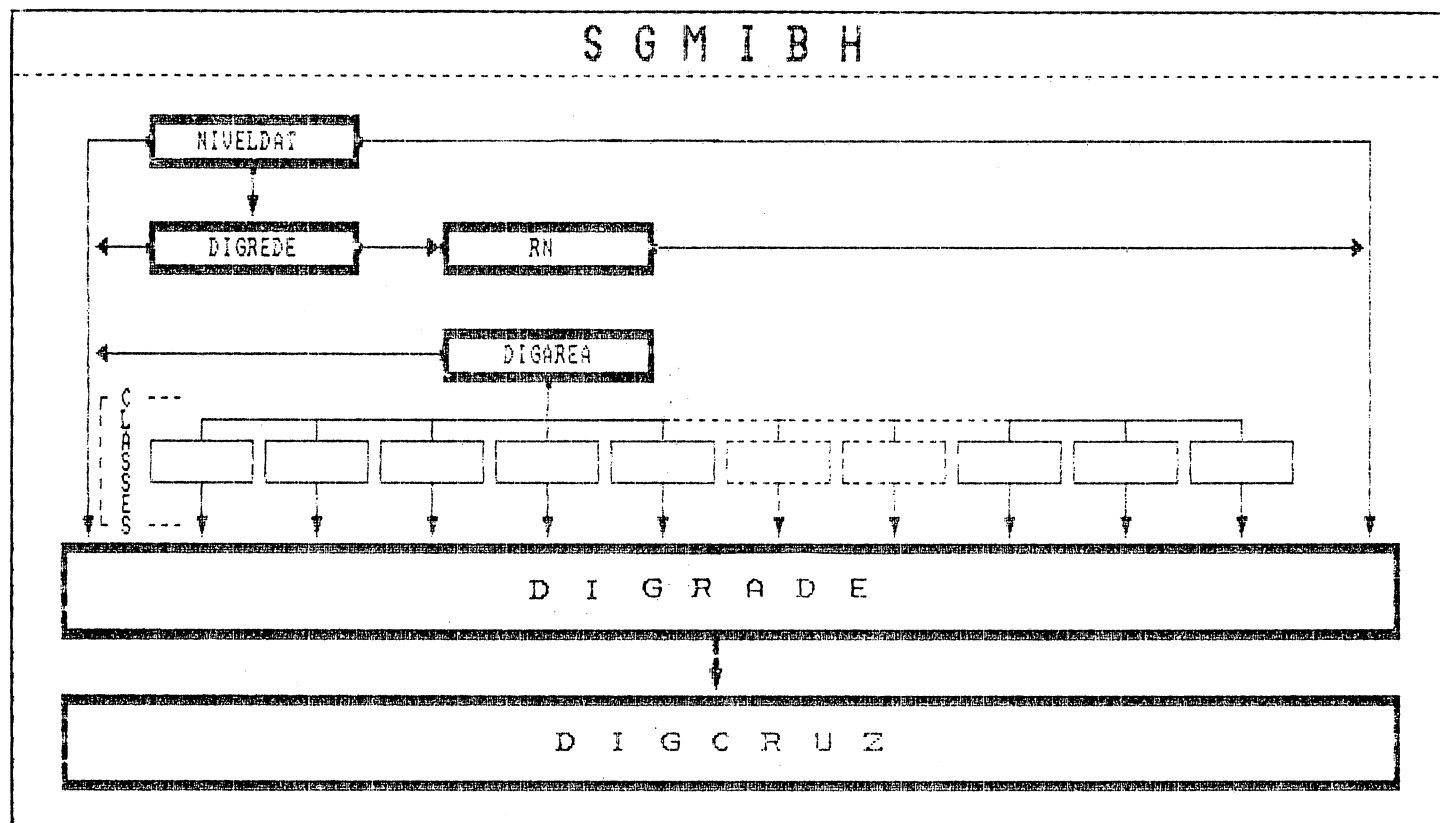


Figura 14. Fluxograma dos Programas Suportes SGMIBH

Outra finalidade do programa, é a digitalização do polígono máscara (polígono envolvente da área de trabalho).

O processo de digitalização, gera um arquivo de dados de natureza sequencial, que tem uma arquitetura compatível com sistemas de informações geográficas tais como SITIM/SGI e SURFER, entre outros, com a finalidade de geração do MNT. Outrossim, estes arquivos podem ser acessados por outros programas que compõem o presente sistema em explanação.

Sua aplicação não se limita unicamente a fornecer subsídios a um SIG, pois sua estrutura operacional permite ao usuário a obtenção de uma série de informações sobre o relevo



que está sendo digitalizado, tais como:

- Número de Vértices, área e perímetro do Polígono Máscara;
- Comprimento individual e total de curvas de nível;
- Áreas entre curvas sequenciais, área de uma curva isolada e área entre duas curvas;
- Número de curvas digitalizadas.

As informações referentes a área entre curvas sequenciais, área de uma curva isolada e área entre duas curvas são imprescindíveis ao cálculo de volumes de água e de terra em bacias hidráulicas (barragens), bem como o volume de cortes e aterros em movimentação de terra (estradas).

#### 3.3.10.1.1. Estrutura

A Figura 15 mostra o fluxograma de operações do programa NIVELDAT.

No módulo referente a entrada de dados (Menu principal-Figura 16), o usuário deverá primeiramente informar a escala do mapa a ser digitalizado (Informe o módulo escalar do mapa - ? 50000).

A segunda informação a ser prestada, é referente ao código para arquivos do plano de informação altimétrico (Codigo para arquivos 'xxxx' - ? AGCN).

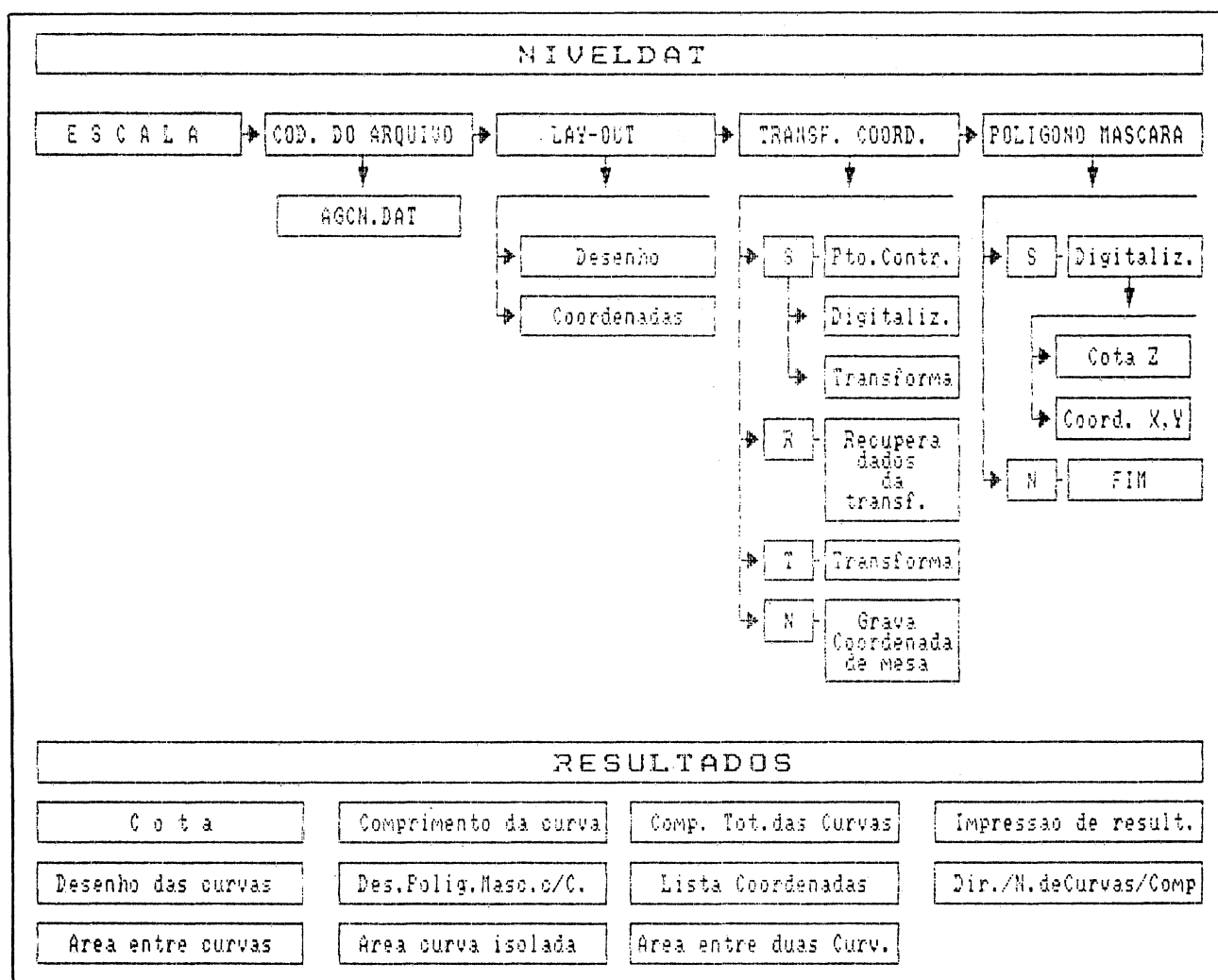


Figura 15. Fluxograma de operações do programa NIVELDAT

\* Digitalizacao de curvas de nivel \*

---

Informe o modulo escalar do mapa - ? 50000

Codigo para arquivos 'xxxx' - ? AGCN

Lay Out - Digitalizacao : Desenho/coordenadas D/C - ? D

Transformacao de coordenadas S/N/I/R - ? R

Digitalizacao de poligono mascara S/N - ? S

Continuacao digitalizacao anterior S/N - ? N

---

\* SGMIBH - NIVELDAT \*

Figura 16. Módulo de Entrada de Dados do Programa NIVELDAT

O programa oferece a opção de um Lay Out da digitalização, isto é, se o usuário quer que o desenho apareça no monitor, simultaneamente a digitalização ou se deseja as coordenadas dos pontos digitalizados (Lay Out - Digitalização : Desenho/coordenadas D/C - ? D).

Na sequência, deverá ser informado sobre a necessidade ou não de transformação do sistema de coordenadas da mesa digitalizadora para o sistema de coordenadas do mapa (Transformação de coordenadas S/N/T/R - ? R).

Com relação a transformação de coordenadas, é oferecido ao usuário as seguintes opções:

- S - Esta opção remete a uma rotina de cálculo que efetua a transformação de coordenadas, de forma que todos os pontos digitalizados terão suas coordenadas convertidas e registradas em arquivos de acordo com o sistema do mapa (UTM, por exemplo);
- N - Digitalização sem transformação de coordenadas, ou seja: os dados digitalizados serão registrados em arquivos no sistema da mesa digitalizadora;
- T - Esta opção deve ser selecionada quando o processo de digitalização for uma continuidade dentro do mesmo PI altimétrico, necessitando somente de uma nova calibração da mesa digitalizadora;
- R - Opção para utilizar os coeficientes de transformação já calculados em uma outra digitalização, dentro da mesma área de

trabalho.

A próxima informação que o usuário deverá prestar é sobre a digitalização do polígono máscara (Digitalização de polígono mascara S/N - ? S).

Como última informação, o programa solicitará se a presente digitalização é continuidade de uma anterior ou não, caso seja respondido sim (S), os dados digitalizados serão armazenados em sequência aos anteriores, caso contrário (N), o programa abre um novo arquivo para registro dos dados (Continuação digitalizacao anterior S/N - ? N).

Convém ressaltar, que em relação ao módulo de entrada, há uma semelhança com os demais programas do sistema.

O segundo módulo consiste na transformação de coordenadas, caso o usuário tenha respondido sim (S), transformada (T), ou recuperada (R).

Inicialmente deverá ser definido o número de pontos de controle (maior que 3). Em caso de uma primeira transformação, deverão ser digitados as coordenadas de referência dos pontos de controle (coordenadas provenientes de cartas geográficas), e na sequência deverão os mesmos serem digitalizados na carta.

No caso das opções transformadas (T) ou recuperadas (R), a rotina solicitará unicamente a digitalização dos pontos de apoio, pois as coordenadas referenciais encontram-se registradas em um arquivo próprio (Figura 17 e Figura 18).

O terceiro módulo refere-se ao processo de digitalização do polígono máscara (Figura 19), e das curvas de nível.

Codigo anterior/transformacao - ? FLI0
--

Figura 17. Solicitação do Código do Arquivo para a Transformação de Coordenadas

ATENCAO - Digitalize os pontos de apoio com a tecla 1 ( vermelha)	
Para sair - utilize a tecla - 2 ( azul)	
	<p>ENTRADA DIGITAL - PONTOS</p> <p>x 1 = 10003.75 y 1 = 14620.75</p> <p>x 2 = 10310 y 2 = 6413.75</p> <p>x 3 = 19127.5 y 3 = 7030</p>

Figura 18. Solicitação da Digitalização dos Pontos de Apoio

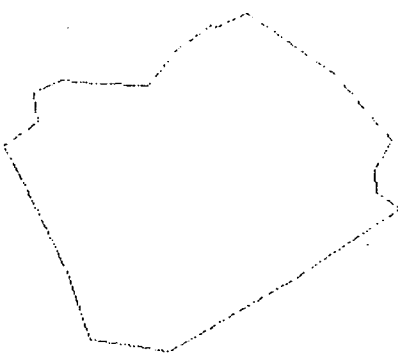

ATENCAO: Digitalizacao - ponto a ponto - Poligono mascara

Figura 19. Solicitação da Digitalização do Polígono Máscara

No caso do polígono máscara, deverá ser digitalizado o contorno do mesmo, e com a conclusão da digitalização, a tela do monitor informará o nome do arquivo do polígono máscara, apresentado na Figura 20, (Nome do arquivo do polígono máscara - AGCN.MAS), o número de vértices do polígono máscara (Vértices : 22), a área (Área : 9710.36 Ha) e o perímetro do polígono máscara (Perímetro : 40.24 Km).


* POLIGONO MASCARA *							
Nome do arquivo do poligono mascara - AGCN.MAS							
Arquivo registrado com coordenadas transformadas							
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table> <tr> <td>Vértices</td> <td>: 22</td> </tr> <tr> <td>Área</td> <td>9710.36 Ha</td> </tr> <tr> <td>Perímetro</td> <td>40.24 Km</td> </tr> </table> </div>		Vértices	: 22	Área	9710.36 Ha	Perímetro	40.24 Km
Vértices	: 22						
Área	9710.36 Ha						
Perímetro	40.24 Km						
<ENTER> para continuar - ? 							

Figura 20. Apresentação dos Resultados da Digitalização do Polígono Máscara.

Na sequência de execuções, iniciar-se-á o processo de digitalização das curvas de nível, onde o usuário deverá inicialmente informar o valor da cota, digitalizando-a em toda a sua extensão (Figura 21. "ATENCAO: Digitalizacao - ponto a ponto cota - ? 140"). Durante a digitalização o programa informa a função de duas teclas do "mouse" da mesa digitalizadora (Figura 22. "VERMELHA -digitalize ptos/ AZUL -

digitalize ultimo pto cota - 140 ").

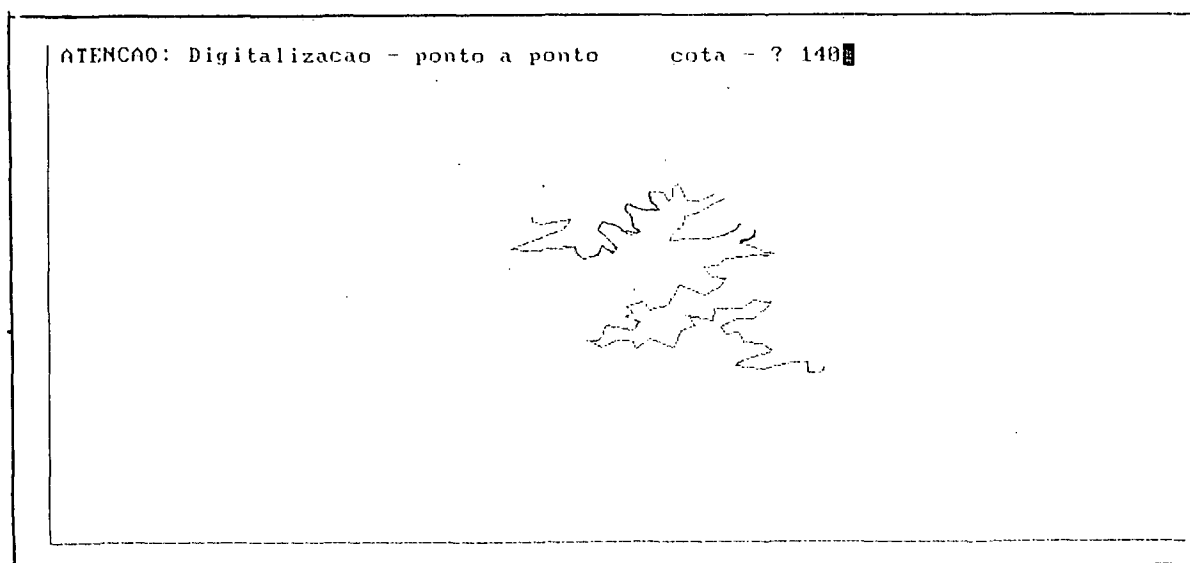


Figura 21. Solicitação do Número da Cota a Ser Digitalizada e Início da Digitalização

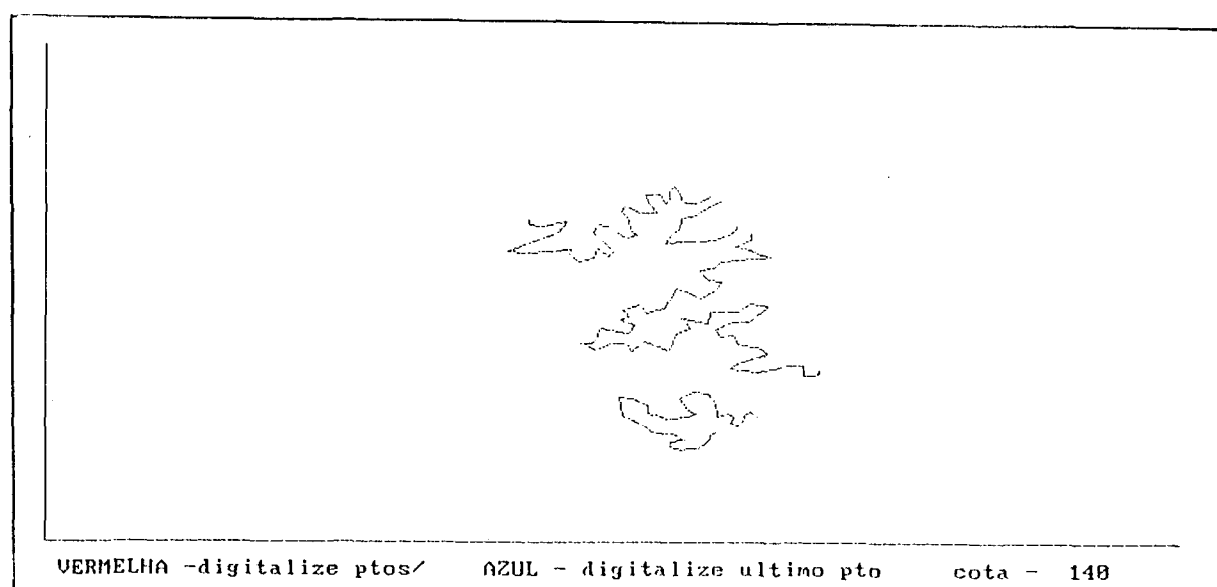


Figura 22. Função das Teclas do "mouse"

Concluída a digitalização da cota, o programa questionará sobre a continuidade ou não, caso afirmativo repete-se a operação, em caso de encerramento do processo, o

programa retoma a execução no quarto módulo (Figura 23. "★ Digitalizacao concluida : 1.Nova digitalizacao/ 2.Encerra - ? 2").

A medida que é concluída a digitalização de uma curva, os dados são armazenados em arquivos próprios.

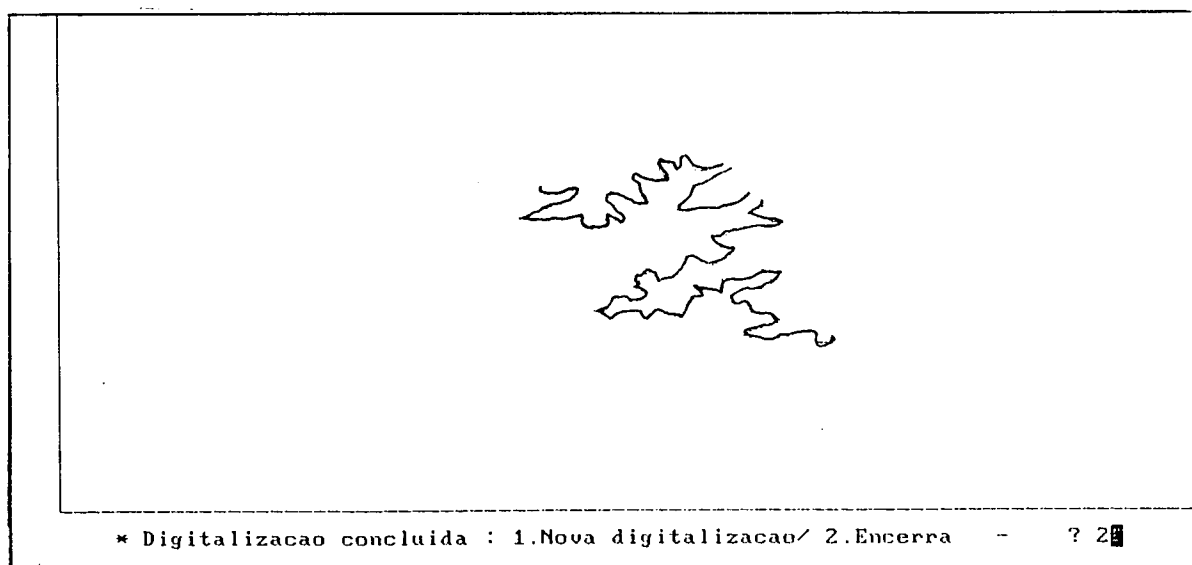


Figura 23. Conclusão da Digitalização

O quarto módulo consiste em menu gerenciador de opções de execução do programa (Figura 24).

Nesta tela são oferecidas seis possibilidades de sequência de execução:

- 0. Iniciar programa;
- 1. Conjunto de curvas digitalizadas;
- 2. Imprimir resultados/última curva;
- 3. Digitalizar nova cota;
- 4. Desenho do conjunto de curvas;



- 5. Desenho/poligono mascara/curvas;
- 6. Listar coordenadas/última curva;
- 99. Final de Execução..

Na tela do Menu Auxiliar é apresentado ainda o valor da cota da curva de nível (Cota - Curva de Nivel : 140), o comprimento da curva (Comprimento : 12666.2920 m) e o comprimento total das curvas digitalizadas (comp.total : 62312.2852 m)..

* MENU AUXILIAR *	
- OPCOES -	
<ul style="list-style-type: none"> <li>0. Iniciar programa</li> <li>1. Conjunto de curvas digitalizadas</li> <li>2. Imprimir resultados/ultima curva</li> <li>3. Digitalizar nova cota</li> <li>4. Desenho do conjunto de curvas</li> <li>5. Desenho/poligono mascara/curvas</li> <li>6. Listar coordenadas/ultima curva</li>   <li>99. Final de Execucao</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Cota - Curva de Nivel : 140</p> <p>Comprimento                    12666.2920 m</p> <p>Comp.total                    62312.2852 m</p> </div>
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">? █</div>	

Figura 24.. Menu Auxiliar

No caso da digitação da opção número 2 (Imprimir resultados/ultima curva), o programa apresenta novo menu, Figura 25, com as seguintes opções:

- 1 - Impressao coordenadas;
- 2 - Impressao areas;
- 3 - Impressao comprimento.

1 - Impressao coordenadas	
2 - Impressao areas	
3 - Impressao comprimento	? 8

Figura 25. Menu de Impressão dos Resultados

A opção 1 apresenta uma tabela das Coordenadas Planimétricas contendo o número dos pontos digitalizados, as abcissas e as ordenadas em metros, bem como o valor da cota da curva de nível. (Anexo 01).

Pela digitação da opção 2, o usuário obterá um novo menu de tela (Figura 26), onde consta a relação dos códigos dos arquivos de cada cota, a saber:

AGCN100.001

AGCN120.001

AGCN120.002

AGCN140.001

Nesta tela o programa nos dá também o número total de curvas digitalizadas (Numero de curvas 4) e o Comprimento total das curvas (Comp.total 62612.2852 m).

As opções contidas nesse menu são:

1. Área entre curvas sequenciais;
2. Área curva isolada;
3. Area entre 2 curvas;
5. Retorno/menu auxiliar.

* Arquivo de Cotas digitalizadas *	
AGCN100.001	<p>- OPCOES -</p> <p>1. Area entre curvas sequenciais</p> <p>2. Area curva isolada</p> <p>3. Area entre 2 curvas</p> <p>5. Retorno/menu auxiliar</p>
AGCN120.001	
AGCN120.002	
AGCN140.001	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Numero de curvas                      4</p> <p>Comp.total                              62312.2052 m</p> </div>	

Figura 26. Relação de Arquivos de Cotas Digitalizadas e Novas Opções

A opção 2 nos fornece o código do arquivo e a área da curva de nível especificada (Figura 27), questionando se o usuário deseja somar com a área total ou não (Somar c/area total S/N - ? N).

* Area de curva isolada *	
Codigo arquivo -? AGCN140.001	<p>=====</p> <p>=====</p>
Somar c/area total S/N - ? N	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Curva de Nivel                      AGCN140.001</p> <p>Area                                      4980736.0000m2</p> </div>	

Figura 27. Apresentação da Área de Curva Isolada

Os arquivos resultantes deste programa são:

- AGCN.DAT;
- AGCN.MAS;
- AGCN140.001;
- AGCN.CTR;
- AGCN.NCD;
- AGCN.SCN;
- AGCN.CCD.

O arquivo AGCN.DAT (Arroio Grande Curvas de Nível) contém as coordenadas UTM dos pontos digitalizados em cada cota.

O arquivo AGCN.MAS contém o número de pontos digitalizados e as coordenadas UTM destes.

O arquivo AGCN140.001 é o que contém as coordenadas das curvas de nível individual, bem como o número de pontos digitalizados na cota.

O arquivo AGCN.CTR contém o número e as coordenadas dos pontos de controle.

O arquivo AGCN.NCD contém o número de curvas digitalizadas.

O arquivo AGCN.SCN é o relativo a soma do comprimento das curvas de nível.

O arquivo AGCN.CCD nos dá o código das cotas digitalizadas.

O Anexo 02 contém a listagem de cada um dos arquivos citados.

Os algoritmos do cálculo utilizado neste programa são:

a) Cálculo de Áreas:

As áreas são calculadas pelo métodos das coordenadas (Método de Gauss).

b) Cálculo do Comprimento das Curvas de Nível digitalizadas:

Este cálculo é efetuado através da distância entre dois pontos.

c) Cálculo da Transformação de Coordenadas)

As coordenadas são transformadas pelo método da transformação espacial de Helmert.

Estes algoritmos serão explanados na descrição do programa DIGAREA.

Este programa apresenta-se na forma executável (.EXE).

### 3.3.10.2. Programa DIGAREA

Este programa, como os demais, é parte integrante do SGMIBH, e tem como principal objetivo a digitalização de polígonos fechados de classes de uso da terra, fornecendo a área de cada polígono digitalizado, perímetro, número de áreas, a área total da classe de uso da terra, o somatório dos

perímetros, imprime as coordenadas do perímetro da classe de uso da terra em relação ao sistema da mesa digitalizadora, e as coordenadas em relação ao sistema do mapa.

A sequência de operações relativas ao programa DIGAREA apresenta-se de forma simples, facilitando a interação com o usuário, através de menus de tela.

A Figura 28 apresenta o fluxograma de operações do programa DIGAREA.

Os diferentes módulos do programa apresentam-se na sequência abaixo.

A primeira tela apresentada ao usuário é semelhante aos demais programas do SGMIBH, e solicita informações relativas ao módulo escalar do mapa, código da classe, necessidade de transformação de coordenadas, e se esta aplicação do programa refere-se a uma continuação de digitação anterior ou não. A Figura 29 apresenta o menu inicial do programa.

O procedimento das operações de inicialização do programa DIGAREA são semelhantes as do programa NIVELDAT, descrito anteriormente, portanto restringiremo-nos a descrever as demais operações.

Considerando que deveremos proceder a uma transformação de coordenadas (Transformacao de coordenadas (N/S/T/R)- ? S), e que não é uma continuação de uma digitalização anterior (Continuacao de digitação anterior (S/N)- ? N), o programa apresenta a tela constante da Figura 30, onde o usuário deverá digitar o número de pontos de controle (NUMERO DE PONTOS DE CONTROLE = ? 3), e as

coordenadas do sistema de referência ( $X1 = ? 678000$ ;  $Y1 = ? 6870000$ ;  $X2 = ? 680000$ ;  $Y2 = ? 6862000$ ;  $X3 = ? 688000$ ;  $Y3 = ? 6866000$ ). Deverá ser informado se existem correções ou não (Correcoes S/N = ? N), em caso negativo procede-se a entrada das coordenadas da mesa, através da digitalização dos pontos de apoio, Figura 31.

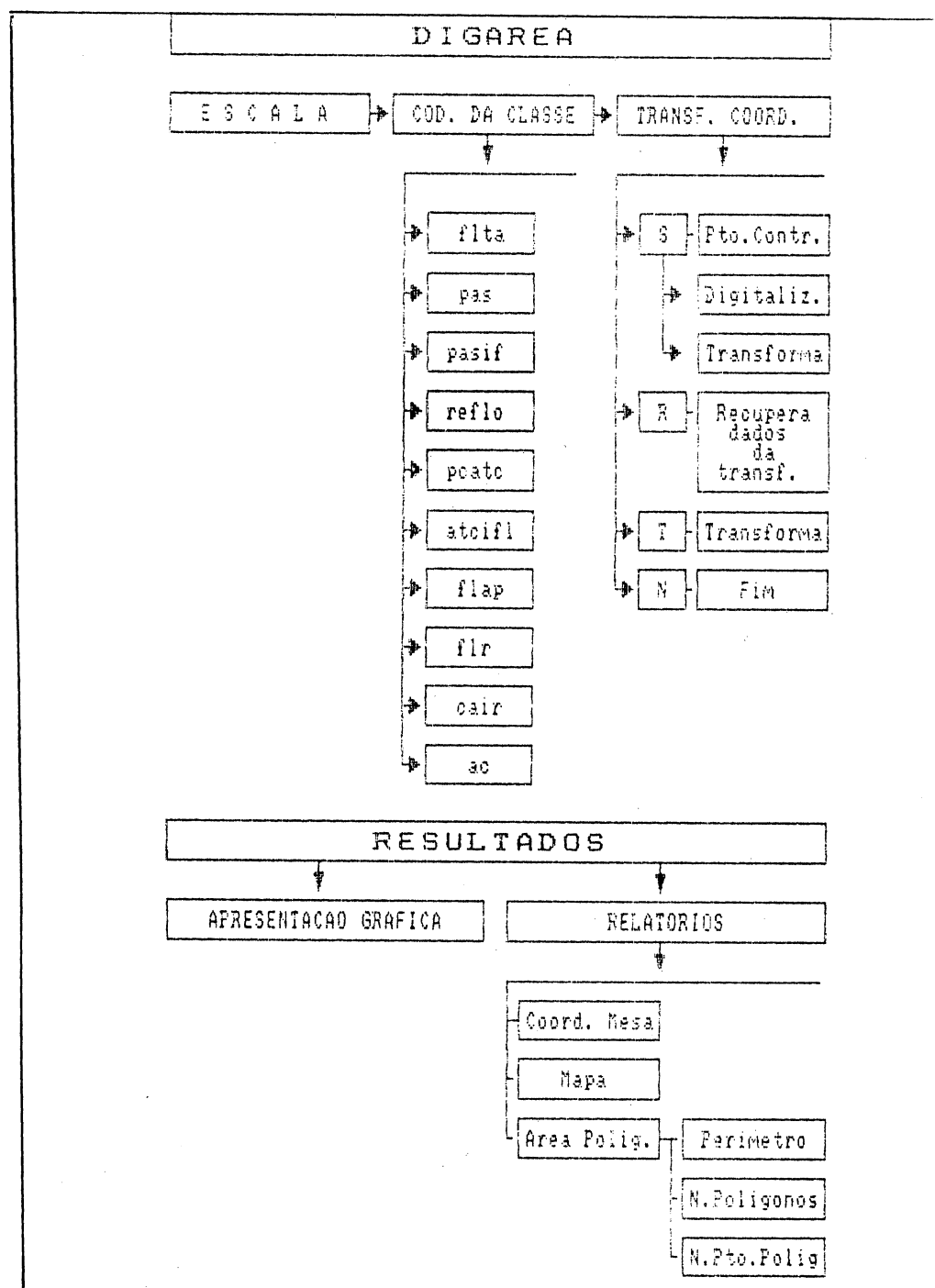


Figura 28. Fluxograma de operações do programa DIGAREA.

* Digitalizacao de poligonos de classes de uso da terra *	
<p align="center">* Entrada de Informacoes *</p> <p>Informe modulo escalar do mapa - ? 50000  Informe codigo da classe - ? FLTA  Transformacao de coordenadas(N/S/T/R)- ? S  Continuacao de digitacao anterior (S/N)- ? N</p>	
<p align="center">* SGMIBH - DIGAREA *</p>	

Figura 29. Menu Inicial do Programa DIGAREA.

* TRANSFORMACAO DE COORDENADAS *	
NUMERO DE PONTOS DE CONTROLE = ? 3	
COORDENADAS SISTEMA REFERENCIA	
X 1 = ? 678000 Y 1 = ? 6870000  X 2 = ? 680000 Y 2 = ? 6862000  X 3 = ? 688000 Y 3 = ? 6866000	Correcoes S/N = ? N

Figura 30. Solicitação da Digitação dos Pontos de Apoio

ATENCAO - Digitalize os pontos de apoio com a tecla 1 ( vermelha)		
Para sair - utilize a tecla - 2 ( azul)		
COORDENADAS SISTEMA REFERENCIA		ENTRADA DIGITAL - PONTOS
X 1 = ? 678000 Y 1 = ? 6870000  X 2 = ? 680000 Y 2 = ? 6862000  X 3 = ? 688000 Y 3 = ? 6866000	Correcoes S/N = ? N	x 1 = 10820 y 1 = 14617.5  x 2 = 10330.75 y 2 = 6393.75  x 3 = 19161.25 y 3 = 7826.25

Figura 31. Solicitação da Digitalização dos Pontos de Apoio



Após a digitalização dos pontos de apoio, a operação deverá ser encerrada através da digitação da tecla azul do "mouse" da mesa digitalizadora.

Com estas operações, o usuário estará pronto a iniciar a digitalização dos perímetros.

As Figura 32, 33 e 34 apresentam as telas em uma sequência de digitalizações de 3 perímetros.

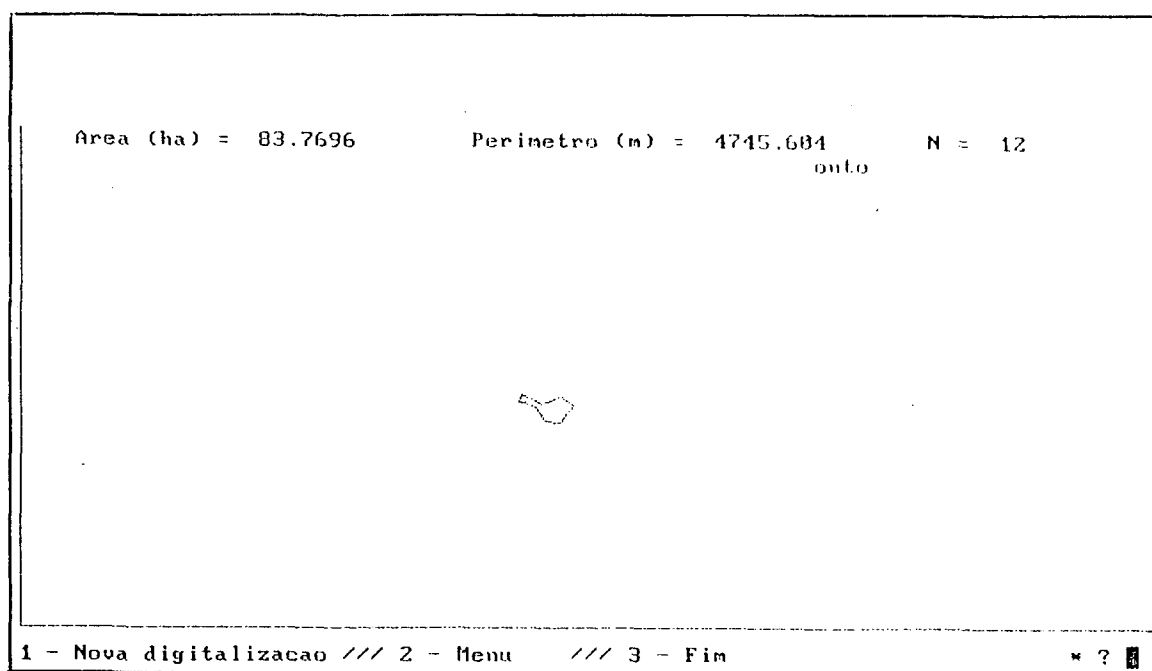


Figura 32. Primeiro Polígono Digitalizado

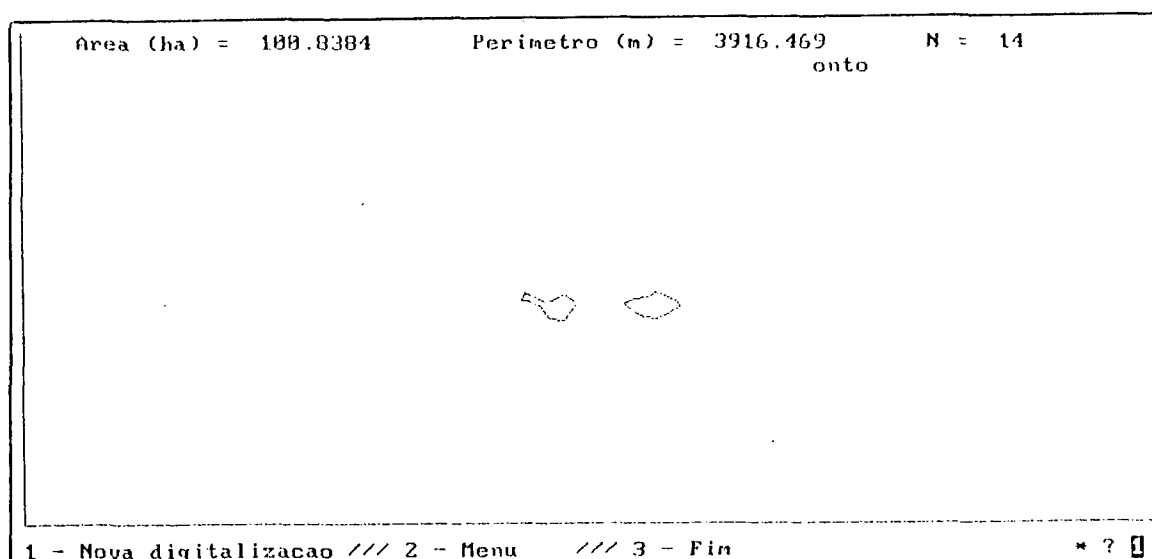


Figura 33. Digitalização de Novo Polígono (Opção 1)

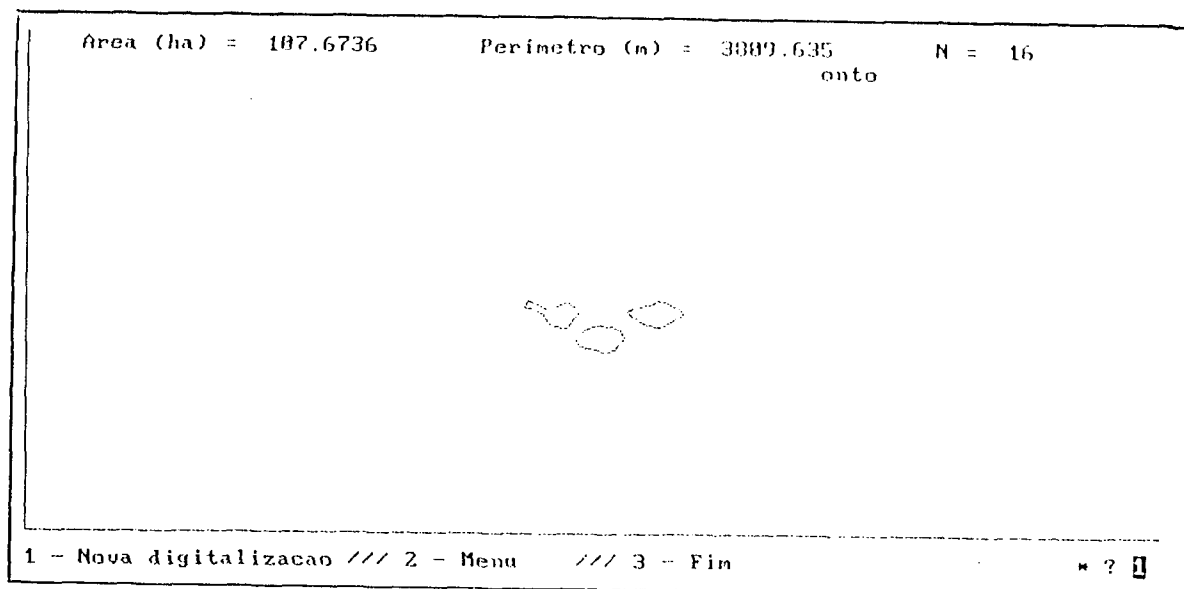


Figura 34. Terceiro Polígono Digitalizado

A cada final de digitalização de um polígono, o programa apresenta a área, comprimento do perímetro e o número de pontos digitalizados.

Ao término das digitalizações, digitando-se a opção 2 do menu (1 - Nova digitalizacao /// 2 - Menu /// 3 - Fim \*? ), é apresentado o menu auxiliar, conforme mostra a Figura 35.

* MENU AUXILIAR *	
- OPCOES -	
0. Nova digitacao	Area total : 292.28ha
1. Imprimir/resultado/ultima area	Numero/areas : 3
2. Desenho/poligono/ultima area	
3. Listar coordenadas/ultima area	
4. Gravar coordenadas/ultima area	
5. Desenho de todos as areas	
6. Imprimir/resultado/total	
7. Reinicializar	
99. Final de Execucao	
	Area : 1076736.0000 m2
	Perimetro 3089.6358 m
	N.pontos : 16
?	

Figura 35. Menu, Nº e total de áreas, perímetro e nº de pontos

A Figura 36 é o resultado da digitação da opção 6 do menu auxiliar.

1 - Impressao coordenadas - Sistema mesa	
2 - Impressao coordenadas - Sistema mapa	
3 - Impressao Area/perimetro	2

Figura 36. Menu Auxiliar do Programa DIGAREA

Pela digitação da opção 1 e 2 da Figura 36, obtém-se a impressão das coordenadas do sistema da mesa digitalizadora e a impressão das coordenadas do sistema do mapa respectivamente, conforme apresentado no Anexo 03.

A opção 3 (3 - Impressao Area/perimetro ) é apresentada na Tabela 09.

Tabela 09. Opção 3. Impressão da Área do perímetro

---

Número de pontos digitalizados = 16

---

Área do polígono = 107.6736 hectares

Perímetro = 3809.6350 metros

---

Classe de uso da terra - FLTA

Número de áreas - 3

Área total - 292.28 Ha

Somatório/perímetros - 12.47171 km

---

O programa DIGAREA cria 4 arquivos em ASCII, compatíveis com o SGI (FLTA, FLTA.CTR, FLTA.SAD e FLTA.NAD), onde são arquivados os seguintes dados:

FLTA - Número de pontos e Coordenadas geográficas de cada polígono digitalizado;

FLTA.CTR - Número e coordenadas dos pontos de apoio;

FLTA.SAD - Soma e perímetros das áreas digitalizadas;

FLTA.NAD - Número total de áreas digitalizadas.

O Anéxo 04 contém a listagem dos arquivos gerados pelo programa DIGAREA.

O algoritmo básico de cálculo deste programa é a avaliação de superfícies pelo Método de Gauss, que consiste no seguinte esquema.

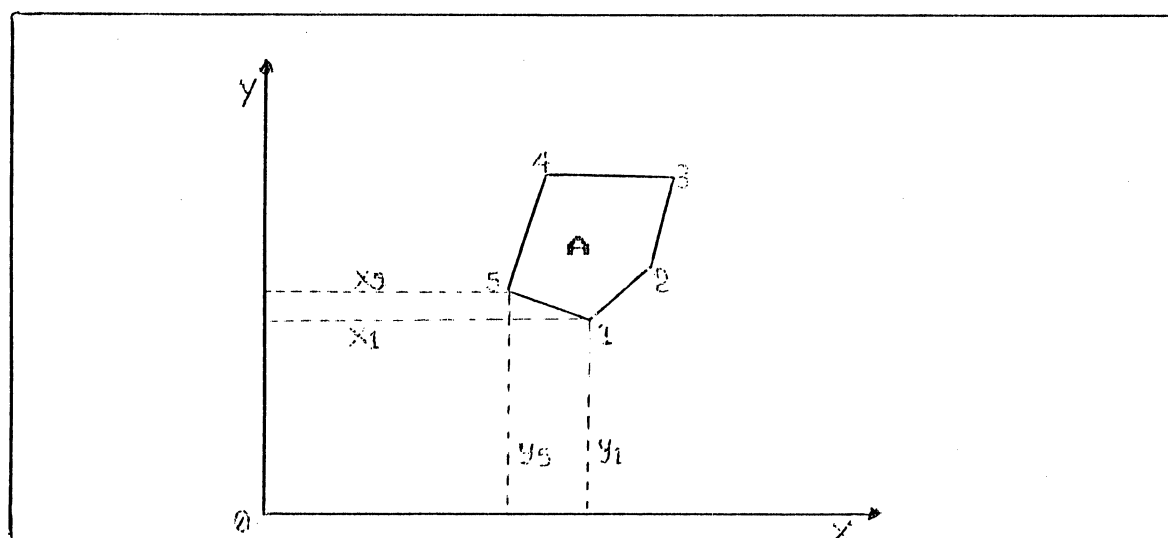


Figura 37. Esquema de cálculo de área pelo Método de Gauss

$$2A = (x_1 \cdot y_2 + x_2 \cdot y_3 + x_3 \cdot y_4 + x_4 \cdot y_5 + x_5 \cdot y_1) - (y_1 \cdot x_2 + y_2 \cdot x_3 + \dots + y_5 \cdot x_1)$$

Onde:

A = Área do polígono

x,y = Coordenadas do vértice.

Outro cálculo processado neste programa é o do perímetro do polígono digitalizado, que consiste no somatório das distâncias entre os vértices do mesmo, as quais são obtidas pela expressão

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Onde:

D = Distâncias entre os vértice 1 e 2

A transformação das coordenadas do sistema cartesiano da mesa digitalizadora para o sistema do mapa que contém o PI que é digitalizado (normalmente o Sistema UTM), é a transformação de Helmert, que exige um mínimo de 3 pontos para ser realizada.

Com as coordenadas dos pontos de apoio, nos dois sistemas considerados é calculada a matriz de rotação formando os parâmetros da conversão entre os sistemas.

A sequência de operação é a seguinte.

Considera-se que a transformação de coordenadas é função apenas de uma rotação em  $k$ , um fator de escala  $\lambda$  e dois fatores de translação planimétrica  $T_x$  e  $T_y$ .

Assim o modelo matemático que faz esta operação é:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 \\ x_2 & y_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_1 & y_1 \\ 0 & 0 & x_2 & y_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda \cdot \cos k \\ \lambda \cdot \sin k \\ \lambda \cdot (-\sin k) \\ \lambda \cdot \cos k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_x \\ T_y \\ T_y \end{bmatrix} \quad 01 \end{aligned}$$

$$f = u \cdot \Delta_1 + \Delta_2 \quad 02$$

Onde:

$f$  = Matriz dos termos independentes - composta pelas coordenadas dos pontos de apoio.

$U_i$  = Abcissas

$V_i$  = Ordenadas

$u$  = Matriz dos coeficientes - composta pelas coordenadas planimétricas obtidas pela digitalização dos pontos na mesa digitalizadora.

$x_i$  = Abcissas

$y_i$  = Ordenadas

$\Delta_1$  = Primeira matriz de incógnitas. Seus elementos são uma função do fator de escala  $\lambda$  e de um ângulo de rotação  $k$ .

$\Delta_2$  = Segunda matriz de incógnitas e é composta pelos fatores de translação  $T_x$  e  $T_y$ .

Utilizando-se o princípio da eliminação dos fatores de translação pela redução das coordenadas ao centro de gravidade dos pontos que fazem parte do ajuste, a equação 01 passa a ser representada por:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} U_{r1} \\ U_{r2} \\ V_{r1} \\ V_{r2} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_{r1} & y_{r1} & 0 & 0 \\ x_{r2} & y_{r2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_{r1} & y_{r1} \\ 0 & 0 & x_{r2} & y_{r2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda \cdot \cos k \\ \lambda \cdot \sin k \\ \lambda \cdot (-\sin k) \\ \lambda \cdot \cos k \end{bmatrix} \quad 03 \end{aligned}$$

$$f = u \cdot \Delta \quad 04$$

Onde:

$$U_{rj} = U_j - CGU \quad 05$$

$$CGU = \sum U_j / n \quad 06$$

CGU = Abcissa do centro de gravidade, obtida pela média aritmética das coordenadas  $U$  dos pontos que entram no ajuste.

$n$  = Número de pontos que entram no ajuste.

$$V_{rj} = V_j - CGV \quad 07$$

$$CGV = \sum V_j / n \quad 08$$

CGV = Ordenada do centro de gravidade, obtida pela média aritmética das coordenadas  $U$  dos pontos que entram no ajuste.

Para as coordenadas obtidas na mesa digitalizadora tem-se:

$$x_{rj} = x_j - CG_x \quad 09$$

$$CG_x = \sum x_j / n \quad 10 \text{ e}$$

$$y_{rj} = y_j - CG_y \quad 11$$

$$CG_y = \sum y_j / n \quad 12$$

Após a solução do sistema transforma-se as coordenadas dos pontos da mesa para o sistema de coordenadas do terreno com a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} |U_j| &= |x_{rj} y_{rj} \ 0 \ 0| \cdot \begin{bmatrix} \lambda \cdot \cos k \\ 0 \\ \lambda \cdot (-\sin k) \\ \lambda \cdot \cos k \end{bmatrix} + |CGU| \\ |V_j| &= |0 \ 0 \ x_{rj} y_{rj}| \cdot \begin{bmatrix} \lambda \cdot \sin k \\ 0 \\ \lambda \cdot (-\sin k) \\ \lambda \cdot \cos k \end{bmatrix} + |CGV| \quad 13 \end{aligned}$$

O programa DIGAREA encontra-se na forma executável (DIGAREA.EXE), sendo que nesta versão (1.0), o sistema reconhece unicamente a mesa digitalizadora de tamanho A2, podendo em casos específicos ser alterada esta configuração.

Ao iniciar a execução do programa, a mesa digitalizadora deverá estar ligada, sob pena do processamento ser interrompido, com mensagem de erro específica.

### 3.3.10.3. Programa DIGREDE

A digitalização da rede de drenagem, é o principal objetivo deste programa, porém, como os demais programas, este possui também outras finalidades, como por exemplo a



transformação de coordenadas, digitalização do polígono máscara, fornece o comprimento de cada tributário, comprimento total dos tributários, Densidade de Drenagem, Coeficiente de Rugosidade da Sub-bacia Hidrográfica e o número de tributários digitalizados.

A Figura 38 apresenta o fluxograma deste programa.

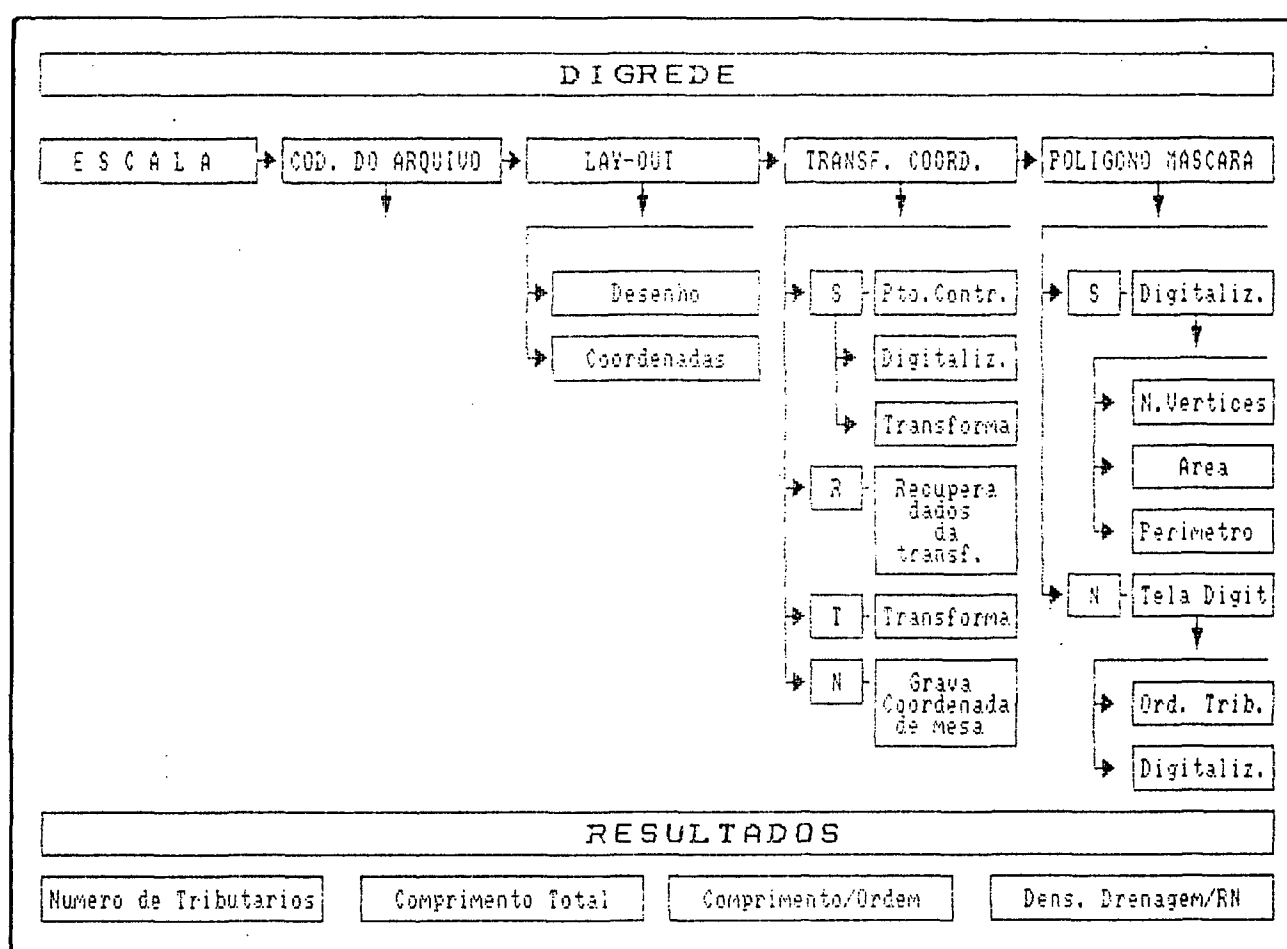


Figura 38. Fluxograma do Programa DIGREDE.

O Menu Principal (menú inicial), apresenta-se de forma idêntica ao Programa NIVELDAT, como mostra a Figura 39, portanto não se faz necessário descrever suas opções.

* Digitalização da Rede de Drenagem *
Informe o modulo escalar do mapa - ? 50000
Codigo para arquivos 'xxxx' - ? agrd
Lay Out - Digitalizacao : Desenho/coordenadas D/C - ? d
Transformacao de coordenadas S/N/T/R - ? r
Digitalizacao de poligono mascara S/N - ? n
Continuacao digitalizacao anterior S/N - ? n
* SGMIBH - DIGREDE *

Figura 39. Menu Inicial do Programa DIGREDE..

Caso o usuário digite a opção R (Transformação de coordenadas S/N/T/R - ? R), é apresentado uma nova tela (Figura 40), quando deverá ser digitado o código de onde provém as coordenadas a serem transformadas (Codigo anterior/transformacao - ? AGCN)..

Codigo anterior/transformacao - ? AGCN
--

Figura 40. Solicitação do Código do Arquivo a ser Recuperado..

De imediato, o programa solicita a entrada das coordenadas de apoio provenientes da digitalização destas na carta (Figura 41).

ATENCAO - Digitalize os pontos de apoio com a tecla 1 (vermelha)	
Para sair - utilize a tecla - 2 (azul)	
	<p>ENTRADA DIGITAL - PONTOS</p> <p>x 1 = 7261.25 y 1 = 11047.5</p> <p>x 2 = 13528 y 2 = 5676.25</p> <p>x 3 = 17715 y 3 = 13562.5</p>

Figura 41. Tela de Solicitação da Digitalização dos Pontos de Apoio da Carta.

Na sequência, com a apresentação de uma nova tela, o usuário deverá informar a ordem do tributário a ser digitalizado (Figura 42), procedendo de imediato a digitalização (Figura 43).

Encerrada a digitalização de todos os tributário, através da opção 2 do menu (encerra), o usuário acessará o módulo que consta no menu gerenciador de opções (Figura 44), as quais são em número de 6 (seis) com as seguintes características:

0. Reinicia a execução do programa

1. Rotina para opções e cálculos específicos com os tributários digitalizados
2. Imprime coordenadas e comprimento do último tributário digitalizado
3. Digitaliza em sequência um novo tributário
4. Lista na tela as coordenadas do último tributário digitalizado

A Figura 45 apresenta a tela acessada pela opção 1 do menu auxiliar. Nesta tela, observam-se informações referentes ao número de tributários e o comprimento total destes, bem como um menu com 3 opções:

1. Comprimento/ordem tributarios
2. Densidades/Coef.Rugosidade
5. Retorno/menu auxiliar

ATENCAO: Digitalizacao - ponto a ponto      tributario - ? 1

Figura 42. Solicitação da Ordem do Tributário.

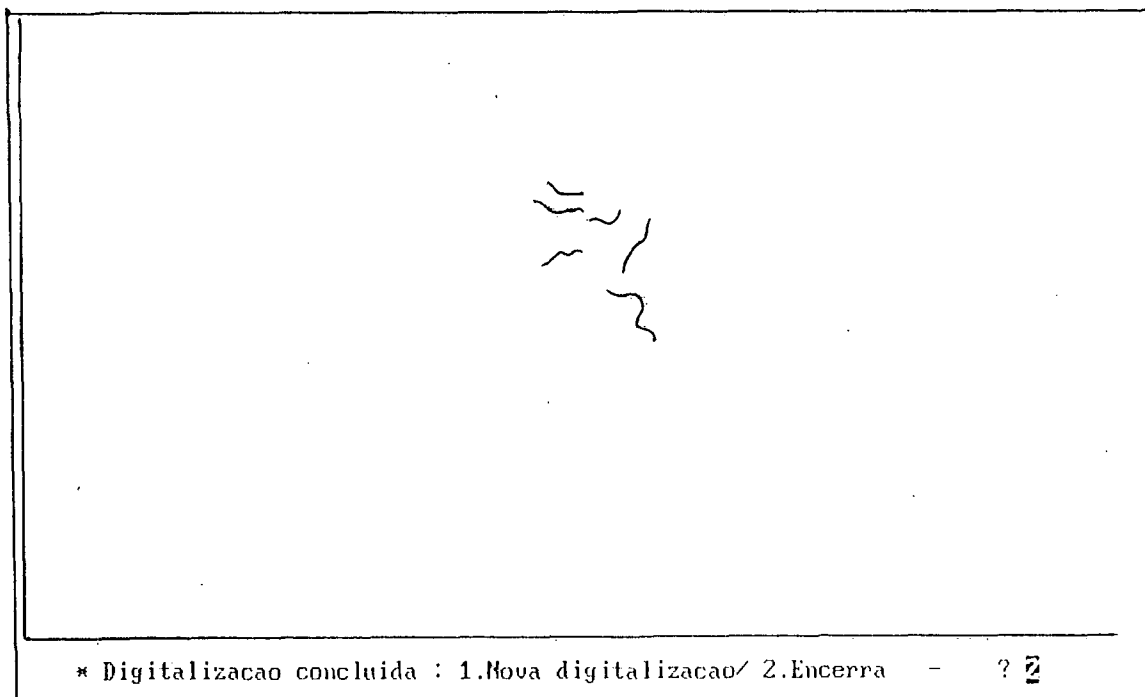


Figura 43. Tributários de 1ª Ordem Digitalizados e  
Encerramento da Operação.

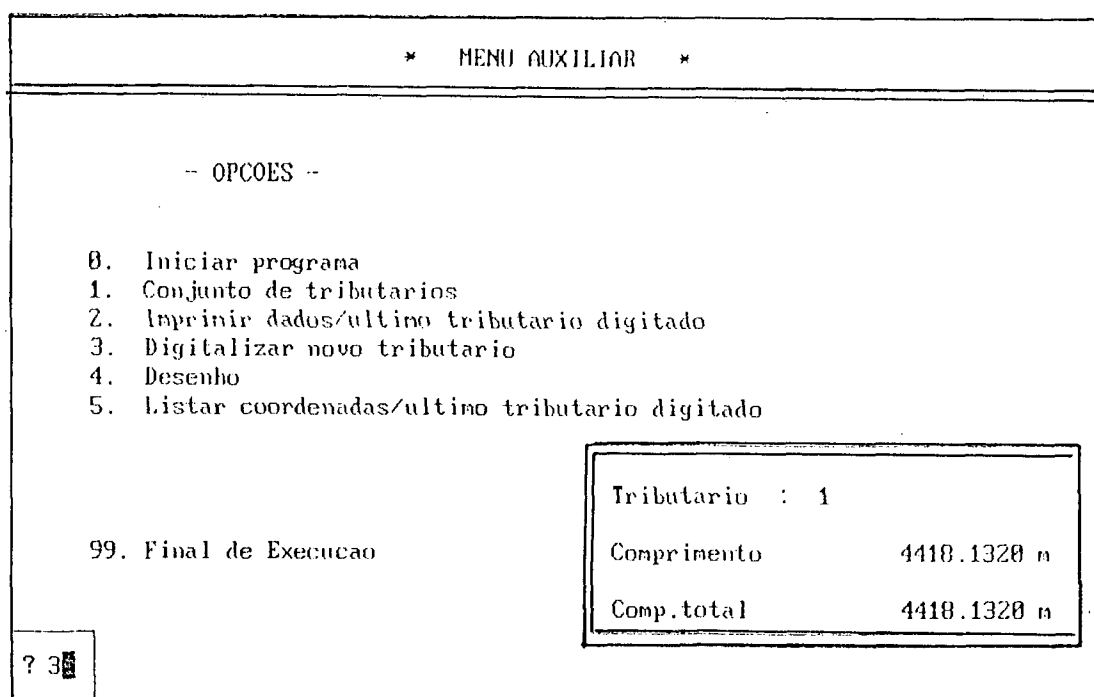


Figura 44. Menu Auxilia do Programa DIGREDE

* Arquivo de tributarios *	
agrd1.001	<p>- OPCOES -</p> <p>1. Comprimento/ordem tributarios</p> <p>2. Densidades/Coef.Rugosidade</p> <hr/> <p>?</p> <hr/> <p>5. Retorno/mem auxiliar</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Numero de tributarios - 8</p> <p>Comp. total 18546.2900 n</p> </div>
agrd2.001	
agrd2.002	
agrd2.003	
agrd2.004	
agrd2.005	
agrd2.006	
agrd2.007	

Figura 45. Arquivo, Número, Comprimento Total dos Tributários e Opções.

#### 3.3.12.4. Programa DIGRADE

O programa DIGRADE, é um dos principais alicerces do sistema Georeferenciado para Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas, pois efetua a transformação de polígonos na forma "vector" em "raster", possibilitando assim a realização de cruzamentos entre os PIs.

Os PIs na forma "raster" gerados por este programa tem formato e arquitetura compatíveis com outros sistemas de Informações Geográficas.

O programa gera três tipos de grades, a grade de MNT (altimétrica), grade de polígono máscara e grade de polígonos.

Para a elaboração da grade de MNT, o programa recupera o arquivo das curvas de nível digitalizadas pelo programa NIVELDAT (.DAT), enquanto que para a geração da grade de um PI temático, são recuperados os arquivos armazenados pelo programa DIGAREA, sendo que para a grade do polígono máscara, o arquivo é o gerado pelo programa NIVELDAT (.MAS).

A principal característica deste programa, é a grande integração que o mesmo apresenta com o usuário, sendo que este define o espaçamento da grade, e as coordenadas iniciais da mesma.

A rotina de rasterização para a elaboração do MNT possibilita a geração de uma grade altimétrica, através de dois procedimentos, a superfície de tendência e a interpolação pelo processo do Inverso da Distância.

#### 1. Superfície de Tendência

Este procedimento consiste em obter as alturas dos pontos da grade, através de equações polinomiais de superfície de tendência.

São disponíveis nesta rotina 3 modelos

$$\text{LINEAR: } Z = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5x^2y + b_6xy^2 + b_2y^2 + \dots$$

$$\text{LOGARÍTMICA: } \ln Z = \ln b_0 + b_1 \ln x + b_2 \ln y + \dots$$

$$\text{EXPONENCIAL: } Z = b_0 \cdot e^{b_1x} + b_2y + b_3xy + b_4x^2$$

Estes modelos podem ser tratados até o sexto grau, sendo que a precisão de cada grau ajustado de cada modelo, é obtido pela análise da variância, erro padrão da estimativa e o coeficiente de determinação.

Após a seleção do modelo (e grau do polinômio) que melhor se ajusta aos dados das curvas de nível digitalizadas, é procedido com este o cálculo das alturas dos pontos da grade, a qual foi dimensionada anteriormente, em termos de espaçamento.

As figuras 46 e 48 apresentam as telas, que mostram o seguimento de execução desta rotina para a elaboração da grade altimétrica (.GRD).

* SGMIBH - Geracao de grade - rasterizacao *	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">ORIGEM DOS DADOS</p> <p>1 - Modelo Numerico do Terreno</p> <p>2 - Poligonos <span style="float: right;">? 1</span></p> <p>3 - Poligono mascara</p> <p>4 - Modificar grade MNT</p> <p>Entrada de dados/arquivo - S/N - ? 5</p> <p>Nome do arquivo .DAT - ? AGCH</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">* MODELO DIGITAL DO TERRENO *</p> <p>1. Superficie tendencia</p> <p>2. Interpolacao INVDIST</p> <p style="text-align: right;">? 2</p> </div>

FIGURA 46. Menu inicial do programa DIGRADE

Na geração da grade do MNT (opção 1), a entrada dos dados pode ser por arquivo ou via teclado, em caso de arquivo,



o mesmo deve ser sequencial, com tres colunas de dados (X,Y e Z), e ter a extensão .DAT.

Conforme pode ser verificado na Figura 46, o modelo pode ser obtido através de dois procedimentos:

1. Equações de Superfície de Tendência;
2. Interpolação pelo Inverso da Distância.

No primeiro caso (Figura 46), o usuário pode dispor de 3 modelos de equações polinomiais.

1. TREND;
2. TRLOG;
3. TREX.

Em cada modelo, o operador poderá ajustar de 1 a 6 graus do polinômio.

Esta determinação é um procedimento estatístico.

## 2. Interpolação INVDIST

Este procedimento para o cálculo das alturas dos pontos da grade, é um método de interpolação denominado de inverso da distância.

Inicialmente tomando-se o ponto (i) da grade, são determinados quatro quadrantes, e em cada um, são localizados os 3 pontos mais próximos, os quais tem a sua distância no ponto "i" calculadas, sendo portanto a altura do ponto "i" obtida pela seguinte expressão:

$$Z_i = \langle \rangle Z_y / \langle \rangle d_y^2$$

Onde:

$Z_i$  = Alturas do ponto da grade;

$Z_y$  = Altura do ponto vizinho a (i);

$d_{yi}$  = Distância entre o ponto (i) ao ponto (y).

Na Figura 47, pode ser observado o procedimento esquemático deste método.

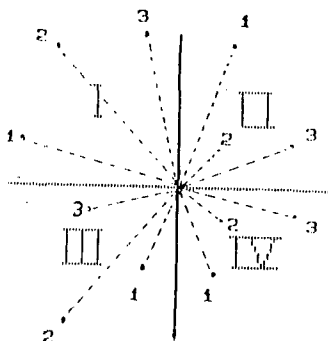


Figura 47. Esquema da Interpolação INVDIST

A Figura 48 mostra a tela com as informações referentes aos dados de X, Y, do arquivo, seus valores extremos, e a amplitude.

Na sequência, é solicitado os limites da grade, bem como o espaçamento entre linhas e colunas, definindo-se assim as dimensões da grade.

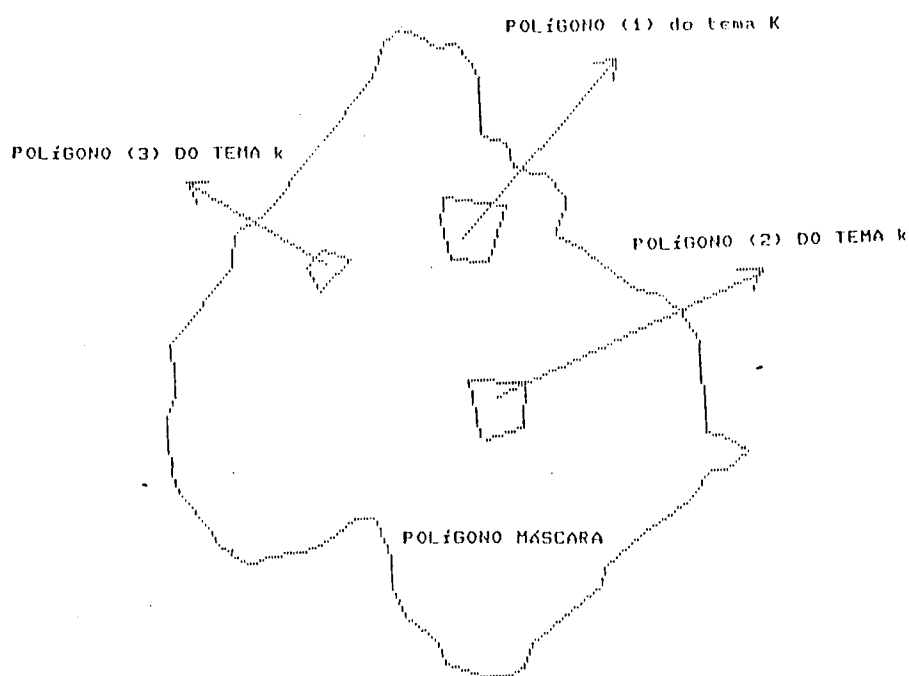
No processo de geração da grade é usado, o valor (z), calculado referente a cada ponto.

Na rasterização dos polígonos (Planos de Informação Temática), os arquivos de dados tem a seguinte arquitetura:

```

5          -----> número de pontos digitalizados
x1, y1     -----> coordenadas dos pontos digitalizados
x2, y2
x3, y3
x4, y4
x5, y5
  
```

E representam o seguinte esquema:



Sendo que para efetuar a rasterização, o usuário poderá informar as coordenadas limites da grade, bem como, o espaçamento entre linhas e colunas, conforme a Figura 49.

X - Maximo =	251957.3125
X - Minimo =	228693.65625
Y - Maximo =	6734292
Y - Minimo =	6709822.5
Amplitude X =	23263.65625
Amplitude Y =	24469.5
Coordenada X - inicial da grade - ? 228000	
Coordenada Y - inicial da grade - ? 6735000	
Coordenada X - Final da grade - ? █	

Figura 48. Solicitação das Coordenadas (X e Y) Iniciais e Finais da Grade

Na sequência, o roteiro de execução, examinará cada ponto da grade para constatar se o mesmo está inserido ou não no interior de um polígono de Classe/Tema (K).

* SGMIBH - Geracao de grade - rasterizacao *	
<p style="text-align: center;"><b>ORIGEM DOS DADOS</b></p> <p>1 - Modelo Numerico do Terreno            2 - Poligonos <span style="float: right;">? 2</span>            3 - Poligono mascara            4 - Modificar grade MNT            5 - Finalizar</p> <p>Nome do arquivo - ? PAS</p>	<p style="text-align: center;"><b>Coordenadas limites da grade</b></p> <p>X - inicial - ? 228000            Y - inicial - ? 6735000            X - Final - ? 252300            Y - Final - ? 6708800            Espacamento - X - ? 500            Espacamento - Y - ? 500            Numero de pontos(X,Y)- 50 ; 53</p>
<p><b>Gerando a grade :</b></p> <p>Linha - 53            Coluna - 50</p>	<p><b>Rasterizando pol - 1</b></p> <p>Linha - 13            Coluna - 22</p>

Figura 49. Rasterização dos Polígonos (PI's)

A Figura 50 ilustra este procedimento, e permite mostrar o algoritmo de definição se o ponto está ou não incluído no polígono.

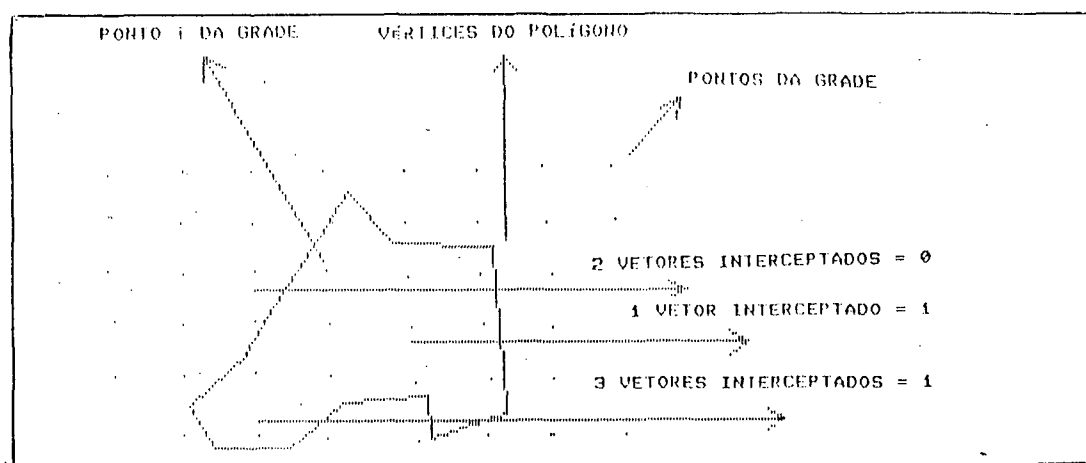


Figura 50. Algoritmo de definição de inclusão dos pontos de um PI

Inicialmente define-se os valores de X e Y (máximos e mínimos), definindo um intervalo regular de ocorrência.

Na rotina de execução, valores encontrados fora deste intervalo, são excluídos e recebem o valor "0", para pontos no interior do intervalo, procede-se a um teste, para

verificar se o mesmo está no interior, se a contar para a direita, o ponto interceptar um número ímpar de vetores definidos pelos vértices do perímetro do polígono, o mesmo está no interior do polígono, se a soma for par, o ponto está fora do polígono. Pontos inclusos recebem o valor 1 (um) ficando a grade de polígonos com a seguinte arquitetura:

```

0 0 1 0 1 0 0
0 0 1 0 1 0 0
0 1 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 1 0
0 1 0 0 1 0 0

```

O arquivo grade tem a extensão **.GRD**.

Para a rasterização do Polígono Máscara (opção 3), a sequência de operações é semelhante a descrita na rasterização dos Polígonos de Planos de Informação, unicamente com a ressalva que o arquivo a ser rasterizado deva ter a extensão **.MAS**. O algoritmo empregado é o mesmo descrito anteriormente, sendo gerado um arquivo grade com a extensão **.GRM**.

### 3.3.10.5. Programa DIGCRUZ

O principal objetivo do programa DIGCRUZ, é o de fornecer informações percentuais relativas ao cruzamento dos PIs de uma unidade de manejo.

Os cruzamentos possíveis de serem realizados através deste programa são:

1. Cruzamento entre um PI temático com o polígono máscara (GRP x GRM);

2. Cruzamento entre um PI temático e o PI das classes de declividade (GRP x GRC);

3. Cruzamento entre dois PIs temáticos (GRP x GRP).

Para a realização de qualquer cruzamento, é necessário que os referidos PIs estejam rasterizados, e estar com as mesmas especificações em termos de linhas, colunas e espaçamento.

Assim:

GRM = Arquivo grade do polígono envolvendo a unidade de manejo;

GRP = Arquivo grade dos PIs temáticos;

GRC = Arquivo grade declividade.

#### 3.3.10.5.1. Algoritmos de Execução

O primeiro tipo de cruzamento, que é realizado entre uma grade temática com a grade do polígono máscara, possibilita a geração de uma nova grade temática, na qual são identificados unicamente os pontos inclusos no interior do polígono máscara, informando também o percentual da área do tema na unidade de manejo.

No segundo tipo de cruzamento, que é entre uma grade temática com a grade declividade, são obtidas informações acerca dos percentuais de cobertura do plano temático

considerado com as classes de declividade.

No tipo de cruzamento, entre planos temáticos, são geradas informações acerca de percentuais de ocorrência de um tema em relação ao outro.

O esquema a seguir mostra o lay-out de uma grade temática, e uma grade máscara.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0
3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	1	1	1	1	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	1	1	1	1	1	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	1	1	1	1	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	1	1	0	1	1	1	1	1	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9	1	1	0	1	1	1	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GRADE DO POLÍGONO MÁSCARA										GRADE DE PLANO TEMÁTICO									

O cruzamento entre estas duas grades é exemplificado através da seguinte tabela

	GRP			
	1 1 10 1			
	---- ---- --- ----			
	1! A !B !T1			
GRM	---- ---- --- ----			
	0! C !D !T2			
	---- ---- --- ----			
	! S1!S2!N			

onde:

N = Número total de pontos em cruzamento;

A = Número de pontos do plano temático inclusos no polígono máscara;

B = Número de pontos do plano máscara, sem ocorrência do plano temático;

C = Número de pontos do plano temático, fora dos limites  
definidos pelo plano máscara;

D = Número de pontos fora do plano do polígono máscara

T1= Número de pontos que possuem atributo (1) na grade do  
plano máscara;

T2= Número de pontos que apresentam o atributo (0) na grade do  
plano máscara;

S1= Número de pontos que possui o atributo (1) na grade do  
plano temático;

S2= Número de pontos que apresentam o atributo (0) na grade do  
plano temático.

Assim a proporção da ocorrência do plano temático  
com relação ao plano de máscara é obtido através da seguinte  
expressão:

$$P = A/T1$$

No esquema abaixo, é apresentado o lay-out de uma  
grade temática, e uma grade de declividades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GRADE DO PLANO TEMÁTICO (GRP)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	2	3
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
5	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
6	1	1	2	3	3	3	3	3	4	4
7	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
8	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4
9	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
10	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
11	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4
12	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4
13	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4

GRADE DO PLANO DE DECLIVIDADE (GRC)

O cruzamento entre estes dois tipos de grade é exemplificado na seguinte tabela:

GRP

	1	1	0	1
	---	---	---	---
	1	A	B	T1
	---	---	---	---
	2	C	D	T2
GDC	---	---	---	---
	3	E	F	T3
	---	---	---	---
	4	G	H	T4
	---	---	---	---
	1	S1	S2	N

onde:

A = Número de pontos do plano temático com atributo 1 pertencentes a classe de declividade 1;

B = Número de pontos do plano temático com atributo 0 na classe 1;

C = Número de pontos do plano temático com atributo 1 na classe 2;

D = Número de pontos do plano temático com atributo 0 na classe 2;

E = Número de pontos do plano temático com atributo 1 na classe 3;

F = Número de pontos do plano temático com atributo 0 na classe 3;

G = Número de pontos do plano temático com atributo 1 na classe 4;

H = Número de pontos do plano temático com atributo 0 na classe 4;

N = Número total de pontos em cruzamento;

T1= Número de pontos que possuem atributo 1 na grade do plano declividade;

T2= Número de pontos que possuem atributo 2 na grade do plano declividade;

T3= Número de pontos que possuem atributo 3 na grade do plano declividade;

T4= Número de pontos que possuem atributo 4 na grade do plano declividade;

S1= Número de pontos que apresentam atributo 1 na grade do plano temático;

S2= Número de pontos que apresentam atributo 0 na grade do plano temático.

As seguintes expressões obtidas a partir da tabela de cruzamento, definem os percentuais de ocorrência do plano temático com relação as classes de declividade consideradas.

P1= A/T1

P2= C/T2

P3= E/T3

P4= G/T4

O cruzamento entre dois planos temáticos quaisquer é mostrado a partir do seguinte esquema:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
5	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GRADE PLANO TEMÁTICO-1 GRP

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
8	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
9	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GRADE PLANO TEMÁTICO-2 GRP

O cruzamento entre 2 planos temáticos quaisquer é apresentado na seguinte tabela

		GRP1			
		1	0		
		----	----	----	----
GRP2	1	A	B	T1	
	----	----	----	----	
	0	C	D	T2	
	----	----	----	----	
		S1	S2	N	

onde:

A = número de pontos com atributo 1 comuns nas 2 grades;

B = Número de pontos com atributo 1 na grade (2), e com atributo 0 na grade (1);

C = Número de pontos com atributo 1 na grade (1), e com atributo 0 na grade (2);

D = Número de pontos com atributo 0 nas duas grades

N = Número de pontos em cruzamento

T1= Número de pontos com atributo 1 na grade 2

T2= Número de pontos com atributo 0 na grade 2

S1= Número de pontos com atributo 1 na grade 1

S2= Número de pontos com atributo 0 na grade 1

A relação  $A/S1$ , define a proporção de quanto do plano temático (2), esta inclusa no plano temático (1), e a

relação  $A/T_i$ , define o quanto do plano temático (i) está incluso no plano temático (2).

Em relação ao porcentual de ocorrência no contexto da micro bacia, este é obtido, a partir do conhecimento do número de pontos com atributo (i), do plano máscara.

$$P = A/M_i$$

#### 3.10.6. Programa DIGPTS

O programa DIGPTS, consiste na digitalização de pontos com atributos georeferenciados, isto é, uma variável (Z) qualquer referenciada espacialmente pelas suas coordenadas X e Y.

Este programa tem uma estrutura similar ao NIVELDAT, gerando um arquivo sequencial com tres colunas (X, Y e Z), com a extensão .DAT, sendo compatível com outros SIGs. (ANEXO 08).

Sua aplicação é no sentido de informar o valor da variável Z, e digitalizar a sua posição.

As telas apresentadas nas Figuras 51, 52, 53, 54 e 55, mostram a sequência e saída de informações, digitalização e manuseio de dados.

O menu inicial deste programa (Figura 51), além das informações básicas constantes dos outros programas, solicita o código do atributo (informação georeferenciada) a ser digitalizado, no presente caso, a título de ilustração, tomou-se o código VOL (volume de uma determinada árvore).

* Digitalizacao de Atributos Georeferenciados *	
Informe modulo escalar do mapa - ?	10000
Informe codigo do atributo - ?	UOL
Transformacao de coordenadas(N/S/T/R)- ?	N
Continuacao de digitalizacao anterior S/N - ?	N

Figura 51.. Menu Inicial do Programa DIGPTS

Na sequência de operações (Figura 52), o programa solicita a digitalização do atributo, bem como o valor numérico deste (Codigo/valor Numerico - ? 178.25)

Digitalize - 4 - ponto  
Codigo/valor Numerico - ? 178.25

Figura 52. Digitalização do atributo, código ou valor numérico

Encerrada a operação de digitalização (Tecla ENTER), novo menu de opções é apresentado conforme Figura 53 (1 - Nova digitalizacao /// 2 - Menu /// 3 - Fim), caso solicite-se o Menu (opção 2), é apresentado o menu auxiliar constante da Figura 54, onde além das opções o usuário poderá conferir o número de pontos digitalizados, que lhe é apresentado na tela.

The image shows a rectangular window representing a menu. In the top right corner, the text "N = 5" is displayed. The bottom of the window contains a menu bar with the text "1 - Nova digitalizacao /// 2 - Menu /// 3 - Fim". To the right of this text, there is a small icon that looks like a cursor or a pointer.

Figura 53. Menu de opções

Caso o usuário necessite imprimir os resultados (opção 1. Imprimir resultados), deverá informar qual coordenadas, se do sistema de coordenadas da mesa e/ou do mapa, conforme apresentado na Figura 55.

* MENU AUXILIAR *	
- OPCOES -	
0. Nova digitalizacao 1. Imprimir resultados 2. Desenho/pontos/ultima digitalizacao 3. Desenho total de pontos 4. Listar coordenadas/ultima digitalizacao 99. Final de Execucao	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           N.pontos/Total :            5             N.pontos/ultima dig. :    5         </div>
? 3	

Figura 54. Menu auxiliar

1 - Impressao coordenadas ( Sistema mesa ) - Ult.Dig.	
2 - Impressao coordenadas ( Sistema mapa ) - Ult.Dig.	
3 - Impressao coordenadas - Total	? 3

Figura 55. Menu de Impressão de Coordenadas



C A P Í T U L O    4  
RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Classes de Declividade na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande

Utilizando-se os valores dos intervalos das classes de declividade, construiu-se o ábaco conforme Anexo 05, e com este ábaco elaborou-se o mapa de classes de declividade, conforme pode ser vista no Anexo 9.

A Tabela 10 apresenta a quantificação em porcentagem das áreas de cada classe de declividade.

Tabela 10. Área de Cada Classe de Declividade (%).

CLASSE	DECLIVIDADE (%)	ÁREA %
1	< 2	3,49
2	2 a 5	34,81
3	5 a 10	25,79
4	10 a 25	19,86
5	> 25	16,05
% TOTAL		100,00

Pela análise da Tabela 10, verifica-se que a sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande apresenta uma topografia bastante acentuada, predominando uma declividade íngreme, indicando que a agricultura deve ser considerada como uma

prática de risco, pois se não houver práticas conservacionista adequada, a sub-bacia sofrerá grandes perdas de solos pela erosão.

A classe de declividade 1, menor do que 2%, constitui uma área mínima do total da área da sub-bacia (3,49%).

Esta classe, segundo Crofts, citado por ALMEIDA (02), está sujeita a enchentes e problemas de drenagem.

As classes 2 e 3, com uma área de 60,60% do total da sub-bacia, são áreas de solo arável e propícias a mecanização, apresentam uma declividade que vai de 2 a 10%.

As classes 4 e 5, com declividade maior do que 10%, representam 35,91% da área total da sub-bacia, e são muito íngremes para o cultivo, necessitando de cuidados especiais no controle da erosão, suscetível a instalações urbanas, exigindo infraestrutura de alto custo. As áreas com declividades superiores a 25% (16,05%) por apresentarem sérios problemas de erosão e de instabilidade de vertentes, são áreas destinadas a preservação florestal e propícias a estação de veraneio. Estas classes localizam-se no Rebordo do Planalto, onde os cursos d'água começam a se formar.

#### 4.2. Mapeamento Temático e Classes de RN na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande

O mapeamento temático da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande possibilitou a quantificação dos principais Usos

da Terra no interior da sub-bacia, bem como a sua subdivisão em 4 microbacias hidrográficas, conforme pode ser vista no Anexo 10.

Ressalta-se que esta quantificação foi realizada por processo de amostragem (grade de pontos), havendo assim discrepância entre as informações geradas pela digitalização dos PIs, uma vez que estes em alguns casos foram o resultado do agrupamento de duas ou mais classes.

Nas microbacias constituintes foram determinados parâmetros como declividade média e o Coeficiente de Rugosidade, para se efetuar a análise dos conflitos do uso da terra nas microbacias hidrográficas.

A Tabela 11 apresenta a quantificação do uso da terra, os RN, e as áreas de conflito.

Analisando-se os resultados da Tabela 11 quanto ao RN, verificou-se que as quatro microbacias componentes da sub-bacia do Arroio Grande, tiveram o dimensionamento do uso potencial da terra com relação as suas características para a agricultura (microbacia 5; RN 79,97), pecuária (microbacia 9; RN 153,57), pecuária e reflorestamento (microbacia 10; RN 194,60) e reflorestamento (microbacia 11; RN 283,88).

Referindo-se a mesma tabela, a microbacia número 5 apresentou 5.300,25 ha conflitantes (mal usadas) e mesmo assim existem 181,25 ha disponíveis para a agricultura. Para que se tenha o manejo correto na área desta microbacia, é necessário manejar 5.481,50 ha, utilizando para isso as áreas disponíveis para a agricultura e áreas em conflitos.

CLASSE DE			Dec.Méd.-H		USO	DA	TERRA (ha)				ASSOCIAÇÃO	ÁREA DA	CONFLITOS				AGRICULTURA (Exc.+; Disp.-)		ÁREA A SER TRABALHADA	
RN	MB	RN	(Z)		2	3a	3b	4	5a	[2,3b]	MB (ha)	USO	RN	X	ZN	ha	Z	ha	Z	
1A-AGRICULTURA	5	79.97	17		2484.36	181.25	775.22	4525.03	21.87	84.37	-	8072.10	5300.25	A	65.66	30.77	-181.25	-2.03	5481.50	67.91
1B-PECUÁRIA	9	153.57	17		1703.12	3496.88	-	237.50	-	-	212.50	5650.00	450.00	B	7.96	30.14	+237.50	+4.20	237.50	4.20
1C-PECUÁRIA																				
1D-REFLORESTAMENTO	10	194.60	17		3043.75	1178.12	71.87	3157.14	37.50	40.62	86.25	7615.25	3315.26	C	43.53	39.51	+3315.26	+43.53	3315.26	38.79
1E-REFLORESTAMENTO	11	283.28	17		2262.50	731.25	193.75	3157.50	-	-	-	6345.00	4082.50	D	64.82	35.18	+3351.25	+52.11	3351.25	52.11
IS O N A					9493.79	5587.50	1884.37	11077.17	59.37	1124.99	298.75	127682.41	13061.75				+6722.76		12385.51	44.74

A declividade média da classe A (limite 15%) apresenta-se propícia ao trabalho de máquinas agrícolas.

## LEGENDA DO USO DA TERRA

### 1. FLORESTAS

- 1a - Floresta em áreas Planas;
- 1b - Floresta em áreas Declivosas;
- 1c - Floresta ao longo do Rios;
- 1d - Floresta Plantada.

### 2. PASTAGENS

### 3. CULTIVOS AGRÍCOLAS

- 3a - Cultivos Anuais Irrigados;
- 3b - Cultivos Anuais em Terreno Seco.

### 4. ÁREAS CONSTRUIDAS

### 5. AÇUDES

- 5a - Açudes e Barragens;
- 5b - Banhados.

## ASSOCIAÇÕES

- [2,3b] - Áreas de pastagens intercaladas com cultivos anuais em terreno seco;
- [2(3b)] - Áreas de pastagens com esparsas áreas de cultivos anuais em terreno seco;
- [2(3a)] - Áreas de pastagens com esparsas áreas de cultivos anuais irrigados;
- [3a(2)] - Áreas de cultivos anuais irrigadas com esparsas áreas de pastagens.

## INTERPRETAÇÃO DOS CONFLITOS

- Conflito em A: Somente agricultura;
- Conflito em B: Agricultura mais associações;
- Conflito em C: Agricultura mais associações;
- Conflito em D: Pastagem mais agricultura mais associações.

A microbacia número 9 possui 450,00 ha conflitantes, e apresentou 237,50 ha em excesso em agricultura, porque é uma microbacia destinada a pecuária (pastagem). A área a ser trabalhada para o manejo correto é de 237,00 ha, incluindo-se neste manejo as áreas em excesso em agricultura.

Comentando-se a microbacia número 10, encontrou-se 3.229,00 ha em conflito, e possui 3.229,00 ha em excesso em agricultura, porque é uma microbacia destinada a pecuária e/ou reflorestamento. A área a ser trabalhada para o seu manejo correto é de 3.315,26 ha incluindo-se nesta microbacia as áreas em excesso de agricultura.

Analisando-se a microbacia número 11, verificou-se 4.082,50 ha conflitantes, e possui 3.351,25 ha em excesso em agricultura, pois é uma microbacia destinada ao reflorestamento. A área a ser manejada no seu interior para o uso correto é de 3.351,25 ha, inserindo-se nesta microbacia as áreas em excesso em agricultura.

No que se refere ao uso da terra em florestas, as 4 microbacias apresentaram um alto índice de cobertura florestal, acima de 25% conforme preconizado pela FAO (ROCHA (1986)), quando comparadas com o Coeficiente de Rugosidade e Classes de Declividade

#### 4.3. Mapa de Solos da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande

A área da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande apresenta 11 tipos de solos, conforme Anexo 11.

A Tabela 12 contém os tipos de solos e as respectivas áreas em Ha.

Tabela 12. Classificação e porcentagem de área das unidades de solos encontradas na área da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande.

CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	ÁREA EM %
Podzólico Vermelho-Escuro Álico	1,37
Solo Litólico Distrófico Relevo Ondulado	18,58
Podzólico Vermelho-Escuro Álico e Litólico Distrófico	11,32
Solo Litólico Eutrófico Relevo Montanhoso	27,38
Solo Litólico Distrófico Relevo Forte Ondulado	2,94
Terra Bruna-Estruturada Álica e Solo Litólico Distrófico	19,51
Solo Litólico Eutrófico-Cambissolo-Colúvios	10,61
Cambissolo Eutrófico e Distrófico	3,86
Solo Litólico Eutrófico Relevo Forte Ondulado	0,39
Podzólico Bruno-Acinzentado Álico e Colúvios	2,10
Planossolo Distrófico e Eutrófico	1,94
% TOTAL	100,00

#### 4.3.1. Descrição dos Principais Tipos de Solos da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande

##### - Solo Litólico Eutrófico Relevo Montanhoso.

Com relação a área total da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande, este tipo de solo predomina, e é encontrado em uma porcentagem de 27,38%, é um solo que apresenta-se com profundidade, com sequência de horizontes A, R ou A, C, R;

sendo que o horizonte C é pouco desenvolvido. Horizonte A pode apresentar-se pouco desenvolvido (a Franco ou a Moderado) ou espesso e desenvolvido (a proeminente ou a chernozênico), desde que ocorram diretamente sobre o material de origem.

Esse solo apresenta uma saturação de bases (v%) igual ou superior a 50%, no horizonte A.

Devido ao relevo montanhoso, apresenta aptidão para pastagem, reflorestamento ou área de preservação.

- Solo Litólico Distrófico Relevo Ondulado.

Este solo contribui com um total de 19,51% da área total, e é um tipo de solo semelhante ao descrito anteriormente, com relação as características físicas e morfológicas, diferindo quanto a saturação de bases (v%), que é menor que 50%, o que lhe confere caráter distrófico.

Esse solo suporta culturas anuais, com aplicação de práticas conservacionistas.

- Solo Litólico Distrófico Relevo Forte Ondulado.

2,94% da área da sub-bacia está coberta por este tipo de solo, e suas características físico-química e morfológicas são semelhantes ao descrito anteriormente.

O seu uso agrícola é muito limitado devido ao relevo forte ondulado. Solo muito raso que impede a mecanização e, também pela baixa fertilidade natural (carater distrófico).

Este tipo de solo é apropriado para culturas permanentes, com rigorosas práticas conservacionistas, pastagem e/ou reflorestamento.



- Terra Bruna-Estruturada Álica.

Este tipo de solo, composto com o Solo Litólico Distrófico, ocupa uma área de 19,51% da área total da sub-bacia, ocupando a segunda posição em importância quando se leva a área ocupada em consideração.

Solo com horizonte B textural e com argila de atividade baixa (não hidromórfica).

Solo espesso e argiloso, bem estruturado, de coloração bruna-escura a bruna amarelada. Em geral apresenta horizonte A proeminente. O referido solo apresenta caráter álico, que indica saturação com alumínio superior a 50%.

Solo propício para uso agrícola, com correção da acidez.

- Podzólico Vermelho-Escuro Álico.

Este tipo de solo está presente 1,37% da área total da sub-bacia. É um solo medianamente espesso a espesso, com horizonte B textural e de coloração vermelho-escuro. Normalmente apresenta transição abrupta entre os horizontes A e B. Apresenta caráter álico.

Solo com aptidão para uso agrícola, com correção da acidez.

- Cambissolo Eutrófico e Distrófico.

A área da sub-bacia está contribuindo 3,86% com este tipo de solo.

Solo com horizontes B incipiente ou câmbico. Apresenta profundidade mediana, drenado a bem drenado.

Morfologicamente apresenta sequência de horizontes A, (B), C, com horizonte A moderadamente desenvolvido.

Apresenta caráter distrófico e eutrófico. Quando eutrófico os minerais se decompõem relativamente rápidos, porém aparecem em quantidades (%) muito baixas na fração areia e/ou cascalho.

Em função das características citadas acima, o solo pode se destinar para o cultivo agrícola, sem restrição, exceto quando apresentar caráter distrófico, que requer correção da fertilidade.

#### - Planossolo Distrófico e Eutrófico.

Com uma percentagem de apenas 1,94% da área total da sub-bacia, este tipo de solo não apresenta grande importância na área.

Apresenta drenagem deficiente devido a um horizonte de grande compactação, espessos a medianamente espessos. Presença de horizonte fluvial contrastando abruptamente para o horizonte B textural, com elevado teor de argila.

Geralmente apresentam caráter eutrófico (saturação de bases menor que 50%) e teores de alumínio trocável decrescendo com a profundidade, onde poderá chegar a zero.

Solo propício para culturas irrigadas, devido a camada de impedimento, que ocorre devido ao alto percentual de argila no horizonte subsuperficial.

#### - Podzólico Bruno-Acinzentado Álico.

2,10% da área da sub-bacia contém este tipo de solo, é um solo com horizonte B textural e com argila de atividade alta (não hidromórfica). É um solo medianamente espesso a espesso com horizonte A moderado, as vezes com A proeminente e com alto teor de matéria orgânica normalmente com saturação de bases maior que 50% ( $100\text{Al}/\text{Al}++\text{S}$ ) e concomitantemente teor de alumínio extraível igual ou superior a 0,3 meq/100g, considerando como seção de controle a profundidade de 100 cm, contada a partir dos 25 cm superficiais; ou menos profunda quando o cantato lítico ou litóide ocorrer antes dos 125 cm.

Esse solo apresenta-se apto para cultivos agrícolas.

#### 4.4. Mapa Geomorfológico da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande

A sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande apresenta dois Compartimentos Geomorfológicos, o Planalto e a Planície Aluvial conforme pode ser observado no Anexo 12.

Com relação a Litologia, o Compartimento Geomorfológico do Planalto apresenta duas formações, a Formação Serra Geral e a Formação Botucatu, onde a primeira formação contém basalto, granófiro e arenito intertrapp, e a Botucatu arenito eólico e arenito fluvial. O compartimento Geomorfológico Planície Aluvial apresenta uma litologia composta de sedimentos recentes sobre sedimentos da bacia do Paraná.

A Formação Serra Geral pertence ao Período Cretáceo, e a Formação Botucatu ao Jurássico. A Planície Aluvial, contendo sedimentos recentes sobre sedimentos da Bacia do Paraná pertence ao período Cenozóico.

As Formas de Relevo do Rebordo do Planalto, caracteriza-se pelo relevo Tectônico, presença de escarpas, declives abruptos e vertentes erosionadas. Presença de colinas mais elevadas devido a erosão diferencial. Presença de morros testemunhos e formação de festonamento pela atuação de erosão regressiva. Existência de vales em "V".

O Compartimento Geomorfológico Planície Aluvial apresenta as seguintes formas de relevo: Planícies aluviais resultantes da deposição fluvial, constituído de sedimentos atuais e sub-atuais depositados em planície de inundação e Vales de fundo plano com presença de braços abandonados.

Com relação a Drenagem, o Compartimento Geomorfológico do Planalto apresenta uma drenagem pouco densa, quase inexistente, dendrítica, composta por camadas de primeira e segunda ordem, a ação erosiva causa o festonamento no rebordo do planalto.

A Drenagem na Planície Aluvial caracteriza-se pela presença de canais irregulares, com presença de braços mortos, pertencentes a sub-bacia do Arroio Grande (Bacia do Rio Vacacaí-Mirim).

O Compartimento Geomorfológico do Planalto possui uma área com grandes limitações, recomendável para o aproveitamento florestal e pastagem natural.

O Compartimento Geomorfológico Planície Aluvial não apresenta limitações para o uso agrícola, principalmente cultivo de arroz.

#### 4.5. Resultados Obtidos com os Programas Suportes

##### 4.5.1. NIVELDAT

A aplicação do programa NIVELDAT permitiu a digitalização de todas as curvas de nível da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande, bem como a avaliação da superfície desta sub-bacia.

As coordenadas (X, Y, Z) referentes as curvas de nível foram registradas em um arquivo (.DAT), que posteriormente foi utilizado para a geração do MNT.

Os resultados relacionados ao polígono máscara (limites divisores de água da sub-bacia) e a digitalização das curvas de nível estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Área, Perímetro, Número de Curvas e Comprimento das Curvas de nível da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande.

ITEM	VALOR
Área (ha)	= 27.682,41
Perímetro (m)	= 85.980,90
Comprimento das Curvas de nível com Equidistância 100 m	= 395.414,17

Com o comprimento das curvas de nível, com equidistâncias de 100 m, e a área da sub-bacia, calculou-se a declividade média da microbacia, através da seguinte expressão:

$$D = [(\sum CN.Eq.) / \text{Área}] . 100$$

$$D = [(3.954,1417\text{hm} \times 1\text{hm}) / 27.682,41\text{ha}] \times 100$$

$$D = 14,28\%$$

#### 4.5.2. DIGAREA

As Tabelas 14, 15 e 16 apresentam respectivamente o número de polígonos e as áreas dos PIs das Classes de Solo, Declividade e Uso da Terra digitalizados através do programa DIGAREA.

Tabela 14. Número e área dos Polígonos Digitalizados por Planos de Informação em cada Classe de Solos.

CLASSES	Planos de Informações	Número de Polígonos	Área em em ha
SÓLOS	SOL 1	1	426,78
	SOL 2	4	5.751,97
	SOL 3	3	3.505,22
	SOL 4	1	8.476,96
	SOL 5	1	912,11
	SOL 6	5	6.040,49
	SOL 7	2	3.281,05
	SOL 8	3	1.196,45
	SOL 9	1	122,84
	SOL10	1	651,06
	SOL11	1	585,41
TOTAL (ha)			30.950,36

Tabela 15. Número e área dos Polígonos Digitalizados por Planos de Informação em cada classe de Declividade

DECLIVIDADE:	DEC1	< 2%	1	1.327,91
	DEC2	2-5%	5	9.810,36
	DEC3	5-10%	10	7.140,09
	DEC4	10-25	18	5.500,28
	DEC5	>25%	8	4.437,83
<hr/>				
TOTAL (ha)	28.216,47			

Tabela 16. Número e área dos Polígonos Digitalizados por Planos de Informação em cada classe de Uso da Terra

FLORESTA	Flta	68	8.847,07
	reflo	19	396,20
	flr	14	168,13
PASTAGEM	pas	DIFERENÇA	DIFERENÇA
	pasif	1	226,57
CULTIVO			
ANUAL IR-			
RIGADO	cair	1	595,16
CULT.ANUAL			
TERR.SECOS	atcifl	14	149,56
PASTAGEM +			
CULT.ANUAL			
TERR.SECOS	pcatc	1	803,54

Nos casos de solos e declividade observa-se uma pequena discrepância entre a área do polígono máscara o somatório das áreas das classes a qual é atribuída a fatores como:

- Diferença de escalas entre o mapa base (polígono máscara Escala 1:50.000) e os PIs solos e classes de declividade (Escala 1:100.000);
- Transformação de coordenadas;
- Deformação do material cartográfico;

- Resolução da mesa digitalizadora;
- Digitalização do polígono de forma independente (linha divisória entre duas classes é digitalizada duas vezes).

No caso dos PIs solos e declividades, a delimitação da sub-bacia foi feita com uso do Map-O-Graph, podendo ocorrer erro devido a projeção conica.

Em alguns casos, a digitalização excedeu propositadamente os limites da sub-bacia, uma vez que seria sobreposta a estes o polígono máscara.

Entretanto, apesar de todos estes fatores, conjugados ou não, a magnitude porcentual desta diferença é de pouca expressividade, sendo de 11,81% para as classes de solos e 1,93% para as classes de declividade.

No processo de rasterização, a área a ser rasterizada é definida pelas coordenadas extremas do polígono máscara, com pequeno intervalo de tolerância, sendo assim, pontos externos à sub-bacia hidrográfica não foram considerados.

Todos os polígonos digitalizados pelo programa DIGAREA tiveram suas coordenadas do sistema da mesa transformados para o sistema UTM, através da transformação espacial de Helmert com a utilização de 6 pontos de controle.

Cabe ressaltar que os demais procedimentos de digitalização seguiram essa metodologia utilizando-se dos mesmos pontos.

Para cada PI, foi aberto um arquivo sequencial que registra o número de pontos digitalizados. (Anexo).

#### 4.5.3. DIGREDE

O programa DIGREDE possibilita a obtenção de uma série de informações acerca da rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica, entre os quais o número de tributários, o comprimento total dos mesmos, a densidade de drenagem dessa sub-bacia e o Coeficiente de Rugosidade.



Esses Resultados estão dispostos na Tabela 17.

Tabela 17. Resultados Obtidos pelo Programa DIGREDE

---

Número de tributários digitalizados	= 117
Comprimento total dos tributários	= 206.409,7188 m
Densidade de Drenagem da Sub-bacia	= 0,0075 km/ha
Coeficiente de Rugosidade - RN	= 107

---

#### 4.5.4. DIGRADE

O programa DIGRADE, como foi explanado no capítulo Material e Método tem por finalidade a construção de grades (rasterização) dos PIs transformando da forma vetorial para a forma grade, proporcionando assim que os PIs possam ser cruzado entre si.

Nesse sentido, no presente trabalho a partir dos dados digitalizados pelos programas DIGAREA e NIVELDAT rasterizou-se o polígono máscara, os polígonos constituintes dos PIs e o arquivo de dados das curvas de nível digitalizadas.

Para se obter sucesso no cruzamento entre dois ou mais planos, é necessário que as grades tenham a mesma especificação em termos de número de pontos, limites e espaçamento.

Adotou-se para a rasterização de todos os PIs, os seguintes parâmetros:

- Coordenada X inicial = 228.000

- Coordenada X final = 252.300
- Coordenada Y inicial = 6.735.000
- Coordenada Y final = 6.708.800
- Espaçamento em X = 500
- Espaçamento em Y = 500

A condição do espaçamento e dos limites da grade, proporcionou que se tivesse grades com a dimensão de 53 x 50 pontos.

A rasterização do polígono máscara gera um arquivo grade com a extensão .GRM, no presente caso, a Figura 46 ilustra a grade gerada a partir do arquivo vetorial .MAS.

A área da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande, obtida pela rasterização é de 28.050 ha, registrando um excesso em relação a área obtida pela digitalização vetorial de 1,33%, explicada pela baixa densidade de pontos da grade.

Quanto a rasterização dos polígonos dos Pis, foram geradas grades (.GRP) para os cruzamentos.

O anexo 07 apresenta os Pis referentes ao uso da terra e polígono máscara na forma logogramática.

Com o processo de interpolação pelo inverso da distância foi elaborado o Modelo Numérico do Terreno, cuja grade tem as mesmas especificações de limites que as anteriores descritas, somente que o espaçamento foi de 1000 x 1000 metros, gerando uma grade de 27 x 25 pontos. Esta grade, como foi referida anteriormente, tem arquitetura compatível com o SURFER, e nesse sentido a mesma foi densificada neste programa para as dimensões 102 x 76, usando-se Funções SPLINES.

A Figura 57 mostra em perspectiva tridimensional a sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande.

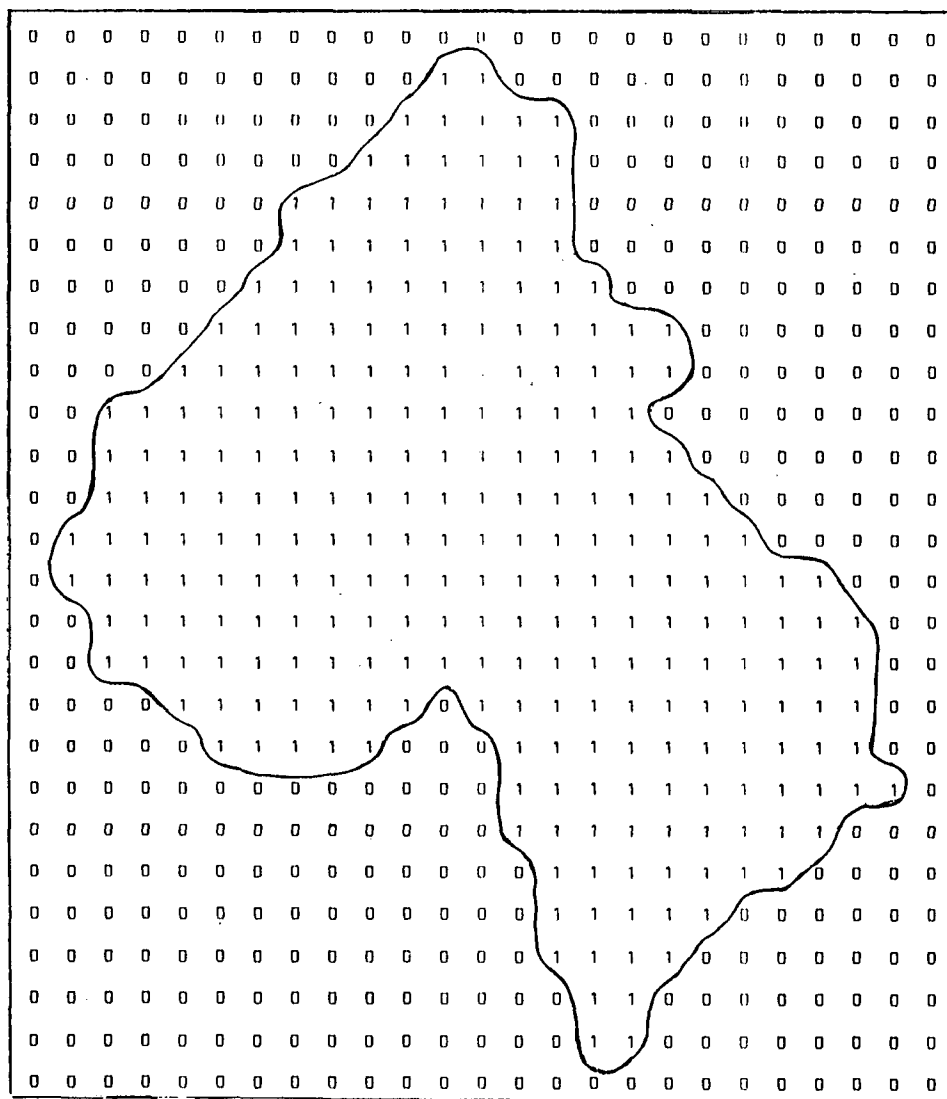


Figura 56. Polígono Máscara Rasterizado (forma logogramática) da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande-RS

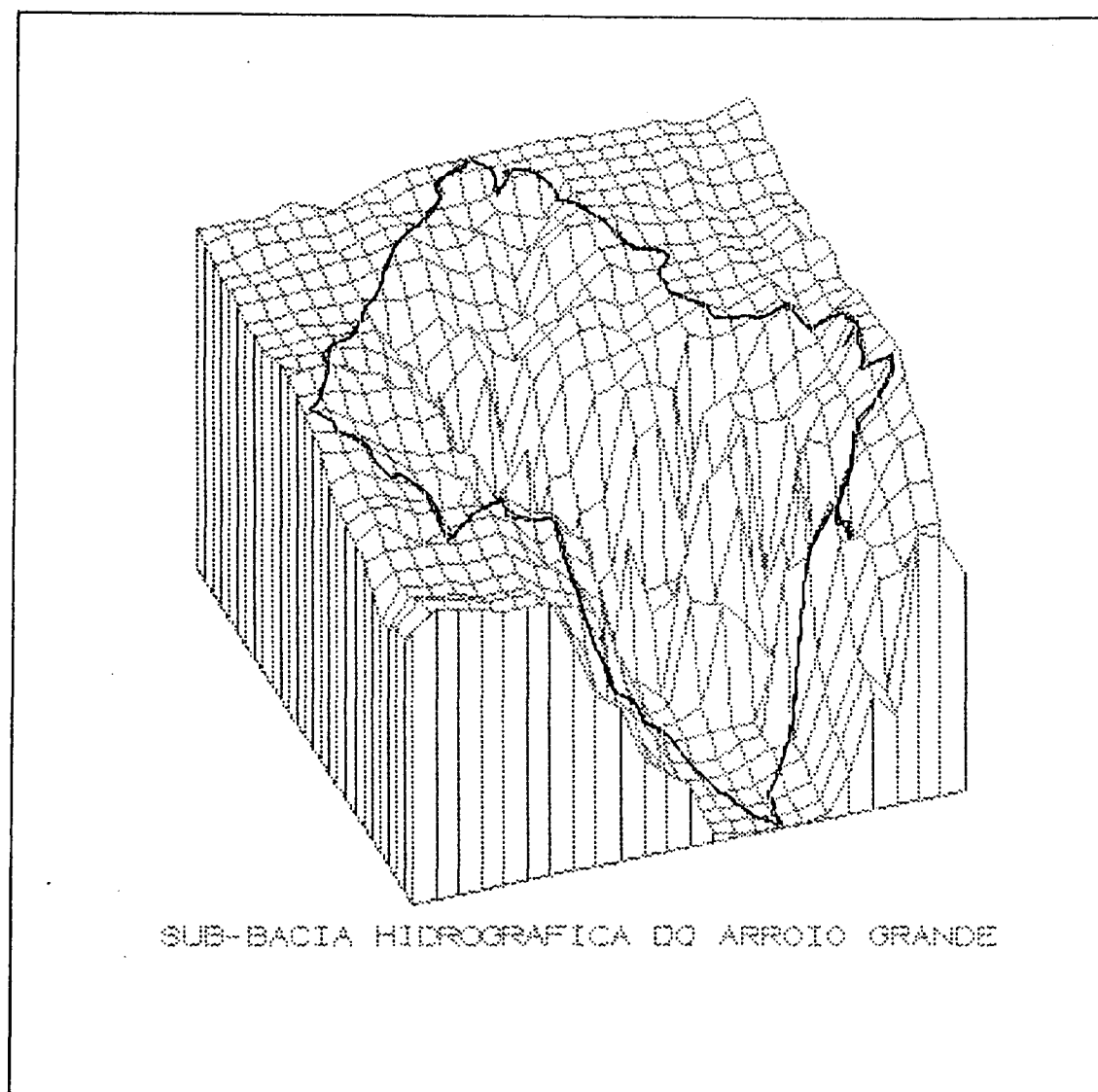


Figura 57. Modelo Numérico do Terreno da Sub-bacia  
Hidrográfica do Arroio Grande.

#### 4.5.5. DIGCRUZ

Através do Programa DIGCRUZ foram efetuados diversos cruzamentos entre os planos de informação. Como a presente pesquisa tem um caráter metodológico, buscando-se apresentar com ênfase técnicas e metodologias para análise de dados Georeferenciados, não se procedeu uma análise minuciosa dos cruzamentos, buscando-se caracterizar apenas os mais importantes.

O programa DIGRADE apresenta 4 possibilidades de cruzamentos, sendo apresentado no trabalho, os cruzamentos com o PI máscara e os entre PIs. Neste sentido, é apresentado na Tabela 18 os resultados de área dos PIs referentes às classes de solo e declividade, cujas áreas são obtidas pela influência de cada ponto. Cabe salientar que pontos extra polígono máscara que contenha o atributo 1, recebe na nova grade, o atributo zero (0).

Pelo que se observa na Tabela 18, a rasterização ocasiona alterações nas superfícies dos PIs. Isto é explicado principalmente pela densidade da grade, quando muito baixa ocasiona maiores diferenças e vice-versa. Entretanto, densidades muito alta provocam maior tempo de operação nos cruzamentos e muitas vezes não compensa frente as expectativas do nível de precisão requerida.

Tabela 18. Área das Classes de Solos obtidas pelo Programa DIGRADE

SOL05	ÁREAS (ha)
SOL1	400
SOL2	5.625
SOL3	3.400
SOL4	7.675
SOL5	825
SOL6	4.425
SOL7	3.175
SOL8	1.175
SOL9	100
SOL10	625
SOL11	625
TOTAL	28.050ha

Tabela 19. Área das Classes de Declividades obtidas pelo Programa DIGRADE

DECLIVIDADE	ÁREAS (ha)
DEC1	1.300
DEC2	9.750
DEC3	7.375
DEC4	5.500
DEC5	4.125
TOTAL	28.050ha

De uma forma geral, pode-se aceitar diferenças não superiores a 10% quando se trabalha com escalas menores que 1:50.000, considerando-se assim nesta faixa, trabalhos em um nível de primeira aproximação (IBDF/UFSM (34)).

Quanto aos cruzamentos entre Pis, efetuaram-se os seguintes:

- Classe de Uso da Terra X Solos;
- Classe de Uso da Terra X Declividade.

A Tabela 20 apresenta os dados percentuais de quanto de solo é ocupado por classe de uso da terra.

Tabela 20. Percentual de Uso da Terra por Classe de Solo.

CLASSES		CLASSES DE USO DA TERRA						
SOLOS	AP	FLTA	PCATC	CAIR	PASIF	FLR	ATCIFL	REFLO
SOL1	87,5	12,5	0	0	0	0	0	0
SOL2	67,11	23,56	0	0	0	0	0	0
SOL3	74,26	12,5	7,35	0	2,94	2,2	0	0,74
SOL4	30,94	65,47	1,63	0	0,65	0	1,3	0
SOL5	0,73	27,27	0	0	0	0	0	0
SOL6	66,10	23,73	9,04	0	0	0	0,56	0,56
SOL7	0,74	22,83	0	1,57	0	0,78	0,78	0
SOL8	0	34,04	10,64	10,64	10,64	12,77	10,64	10,64
SOL9	50,00	50,00	0	0	0	0	0	0
SOL10	92,00	0	0	4	0	4	0	0
SOL11	84,00	4,00	0	0	12,0	0	0	0

Com referência a Tabela 20, oriunda dos cruzamentos das classes de Uso da Terra versus solos, verificou-se em primeiro lugar maior ocorrência de Usos da Terra no solo 8 (Cambissolo Eutrófico e Distrófico), menos as classes de Uso da Terra agricultura e pastagem (AP). Em segundo lugar, no solo 3 (Podzólico Vermelho Escuro Álico e Litólico Distrófico) menos as classes de cultivo anual irrigado (CAIR) e cultivos agrícolas de terreno seco no interior de florestas (ATCIFL). Em terceiro lugar, nos solos 4, 6 e 7 (Solo Litólico Eutrófico Relevo Montanhoso; Terra Bruna-Estruturada Álica e Solo Litólico Eutrófico-Cambissolo-Colúvios).

Chamando-se a atenção para a mesma tabela, percebeu-se que ocorreram porcentagem de classes de Uso da Terra de Agricultura e Pastagem (AP) e FLTA (Floresta) em todos os tipos de solo, menos no solo 8 para AP (agricultura e pastagem) e FLTA (Floresta) no solo 10.

Na Tabela 21 estão dispostos os dados quantitativos em termos de área, obtidos pelos cruzamentos. Esses dados foram obtidos através de uma análise ponderada dos percentuais de ocorrência de cada classe de uso da terra na classe de solo considerada, conjuntamente com a superfície digitalizada do PI em questão.



Tabela 21. Áreas dos PIs de Uso da Terra por Classe de Solo.

CLASSES		CLASSES DE USO DA TERRA						
SOLOS	AP	FLTA	PCATC	CAIR	PASIF	FLR	ATCIFL	REFLO
SOL1	367,74	47,56	0	0	0	0	0	0
SOL2	3966,40	1260,47	0	0	39,98	36,06	23,01	257,53
SOL3	2653,02	404,30	223,20	0	53,31	36,06	0	19,81
SOL4	2495,41	4780,27	111,60	0	26,65	0	46,01	0
SOL5	630,42	214,04	0	0	0	0	0	0
SOL6	3073,30	998,86	357,12	0	0	0	11,50	19,81
SOL7	2469,15	689,68	0	148,79	0	12,02	11,50	0
SOL8	0	380,52	111,60	371,97	66,63	72,12	57,52	99,05
SOL9	52,53	47,56	0	0	0	0	0	0
SOL10	604,15	0	0	74,39	0	12,02	0	0
SOL11	551,61	23,78	0	0	39,98	0	0	0

Na Tabela 22 estão representados os dados de ocorrência percentual em relação a área da sub-bacia.

Tabela 22. Percentagem de Ocorrência do Uso da Terra por  
Classe de Solo pela Área da Sub-bacia.

CLASSES		CLASSES DE USO DA TERRA						
SOLOS	AP	FLTA	PCATC	CAIR	PASIF	FLR	ATCIFL	REFLO
SOL1	1,31	0,17	0	0	0	0	0	0
SOL2	14,14	4,49	0	0	0,14	0,13	0,08	0,92
SOL3	9,46	1,44	0,80	0	0,19	0,13	0	0,07
SOL4	8,90	17,04	0,40	0	0,10	0	0,16	0
SOL5	2,25	0,76	0	0	0	0	0	0
SOL6	10,96	3,56	1,27	0	0	0	0,04	0,07
SOL7	8,80	2,46	0	0,53	0	0,04	0,04	0
SOL8	0	1,36	0,40	1,33	0,24	0,26	0,21	0,35
SOL9	0,19	0,17	0	0	0	0	0	0
SOL10	2,15	0	0	0,27	0	0,04	0	0
SOL11	1,97	0,08	0	0	0,14	0	0	0
TOTAL	60,13	31,53	2,87	2,13	0,81	0,60	0,53	1,41

As Tabelas 23, 24 e 25 apresentam os resultados referentes ao cruzamento entre as classes de Uso da Terra e as Declividades.

Tabela 23. Percentagem de Ocorrência do Uso da Terra por  
Classe de Declividade.

CLASSES		CLASSES DE USO DA TERRA						
DECLIV.	AP	FLTA	PCATC	CAIR	PASIF	FLR	ATCIFL	REFLO
DEC1	100,00	0	0	0	0	0	0	0
DEC2	77,95	9,23	4,36	3,08	1,03	1,79	0	2,56
DEC3	63,05	28,14	4,07	0	1,69	0	1,02	2,03
DEC4	45,45	50,90	1,36	0,45	0	0,45	1,36	0
DEC5	33,94	65,45	0	0	0	0	0,60	0

Tabela 24. Áreas dos PIs de Uso da Terra por Classe de  
Declividade (ha)

CLASSES		CLASSES DE USO DA TERRA						
DECLIV.	AP	FLTA	PCATC	CAIR	PASIF	FLR	ATCIFL	REFLO
DEC1	1256,32	0	0	0	0	0	0	0
DEC2	7344,67	939,51	426,88	549,37	100,69	147,11	0	247,62
DEC3	4493,78	2166,09	301,32	0	125,87	0	64,09	148,57
DEC4	2416,01	2922,92	75,33	45,78	0	21,01	64,09	0
DEC5	1352,96	2818,53	0	0	0	0	21,36	0

Tabela 25. Percentual de Ocorrência do Uso da Terra por Classe de Declividade em Relação a Área da Sub-bacia

CLASSES		CLASSES DE USO DA TERRA						
DECLIV. AP		FLTA	PCATC	CAIR	PASIF	FLR	ATCIFL	REFLO
DEC1	4,48	0	0	0	0	0	0	0
DEC2	26,18	3,35	1,52	1,96	0,36	0,52	0	0,88
DEC3	16,02	7,72	1,07	0	0,45	0	0,23	0,53
DEC4	8,61	10,42	0,27	0,16	0	0,07	0,23	0
DEC5	4,82	10,05	0	0	0	0	0,08	0

Analisando-se as tabelas 23, 24 e 25 constatou-se que a Sub-bacia do Arroio Grande apresenta uma topografia bastante irregular, com declives suaves e ígremes.

- Na classe de declividade 1 (inferior a 2%) houve total Uso da Terra com agricultura e pastagens, correspondendo 1.256,32 ha (4,48%) do total da sub-bacia.

- Na classe de declividade 2 (2 a 5%), observou-se que ocorreu o Uso da Terra em todas as classes, predominando o uso com agricultura e pastagem 77,95% o que corresponde a 7.344,67 ha (26,18%) do total da sub-bacia.

- Referindo-se a declividade 3 (5 a 10%), percebeu-se que houve ocorrência do Uso da Terra na maioria das classes, destacando-se um maior percentual (63,05) para pastagens e agricultura, significando 4.493,78 ha (16,02%) em relação ao total da sub-bacia.

- As classes de declividade 3 e 4 (10 a 25 e superior a 25%), apresentaram menor expressão nas classes de Uso da Terra com pastagem e agricultura, destacando-se porém na classe de floresta com 50,90 e 65,45% o que equivale em termos de áreas de 2.922,92 ha (10,42%) e 2.818,53 ha (10,05%) do total da sub-bacia.

C A P Í T U L O 5  
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Analisando-se os resultados do presente trabalho, pode concluir-se que, com relação aos Programas do SGMIBH:

Os programas de suporte ao SIG pela sua estrutura tornaram-se programas fins, digitalizando mapas, calculando áreas, rasterizando Planos de Informação e efetuando cruzamentos.

Todos os programas desenvolvidos, apesar de possuírem algoritmos com alta qualidade, e uma boa performance (velocidade de resposta), podem ser utilizados em computadores PC-XT, desde que possuam uma configuração mínima ("WINCHESTER" e mesa digitalizadora).

De uma forma geral, os programas apresentam menu de tela bastante didáticos, facilitando o relacionamento com o usuário (facilidade de operação).

Recomenda-se que os programas integrantes do SGMIBH sejam em uma próxima versão, aperfeiçoados, incrementando-se novas rotinas, tornando-o compatível com "HARDWAREs" mais modernos e completos ("PLOTTER").

Com relação ao Diagnóstico Físico Conservacionista da sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande pode-se prognosticar:

A sub-bacia apresenta na sua maior parte áreas com declividade pertencentes as Classes 2 e 3 (60,60%), que pela

definição, são áreas de solos aráveis e propícios a mecanização, porém pelo mapeamento dos solos, observou-se que está sujeita a erosões, com solos que apresentam aptidões para pastagem, reflorestamento ou área de preservação, suportando culturas anuais somente com aplicação de práticas conservacionistas, e quando propício ao uso agrícola, deverá ser feita correção da acidez, fertilidade e práticas agrícolas apropriadas a declividade;

Considerando-se o tipo de produto cartográfico utilizado (Imagens orbitais e sub-orbitais) e o fim a que se destina (Mapeamento de uma grande unidade de manejo), optou-se pela apresentação dos resultados dos cálculos das áreas em forma de porcentagens, distribuindo-se desta maneira os erros proporcionalmente a área total da sub-bacia hidrográfica;

As micro-bacias analisadas apresentaram valores, com relação a floresta, superiores a 25%, portanto é um fator positivo, pois ajuda na infiltração das águas das chuvas, controlando a erosão..

Devido a declividade da sub-bacia, recomenda-se que o corte de florestas nativas seja proibido..

Recomenda-se incrementar o turismo nas cabeceiras da sub-bacia, aproveitando as áreas na forma de balneários..

Devem ser seguidas as recomendações da tabela básica (página 175), com relação as áreas a serem manejadas. Atingindo-se aqueles percentuais de trabalho de campo, em termos de agricultura..

Recomenda-se para o manejo integrado da sub-bacia em questão, criar um Comitê composto por técnicos e políticos



ligados diretamente a área da sub-bacia, para que sejam tomadas decisões técnicas e políticas, visando o manejo correto desta sub-bacia.

Para a preservação ambiental da sub-bacia, recomenda-se que se desenvolvam os outros diagnóstico do Manejo Integrado.

## CAPÍTULO 6

RESUMO E SUMMARY

## 6. RESUMO E SUMMARY

### 6.1. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo específico desenvolver um Sistema Integrado de Mapeamento para Manejo de Bacias Hidrográficas, de modo que através do cruzamento, ordenamento e análise de informações tornasse as tarefas de tomada de decisão, manejo e a determinação de prioridades de trabalho, rápidas e melhor fundamentadas.

Para que os objetivos fossem atingidos, elaborou-se programas de suporte ao Sistema de Informação Geográfica, os quais foram aplicados na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Grande, onde o mapeamento Integrado exigiu a elaboração de Mapas (Mapa Base, Solos, Declividade, Uso da Terra, Geomorfologia).

Com relação aos programas de suporte ao SIG (Sistema Georeferenciado de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas - SGMIBH), concluiu-se que na sua primeira versão os objetivos foram atendidos, pois através do seu emprego foi possível a digitalização dos mapas, o cálculo das áreas parciais de cada tema, área total da sub-bacia, rasterização do polígono máscara, rasterização dos Temas (Planos de Informações), cruzamento dos PIs e elaboração do Modelo Numérico do Terreno.

Quanto ao Diagnóstico Físico Conservacionista do Arroio Grande, concluiu-se que esta, por sua declividade, tipo de solo, Uso da Terra, entre outros parâmetros, tem vocação florestal, possuindo atualmente acima de 25% da área total

coberta por floresta (mínimo recomendado)..

Pelo mapeamento dos solos, observou-se que esta sub-bacia, apesar de apresentar áreas propícias a mecanização, está sujeita a erosões, portanto deve-se incrementar as práticas conservacionistas, bem como deverá ser feita correção da acidez e fertilidade.

Para um manejo integrado da referida sub-bacia, é recomendado que além do diagnóstico físico conservacionista, outros sejam elaborados (Sócio-econômico, vegetação, água, entre outros)..

## 6.2. SUMMARY

The present work aimed at developing an Integrated System of Mapping for the Watershed Management, so that the crossing, organization and analysis of information made the tasks of decision taking, handling and determination of work priorities, quick and better well-grounded.

For the objectives to be achieved, programs of the support to the Geographical Information System were elaborated. The referred programs were applied in the sub-basin of Arroio Grande River, where the integrated mapping demanded the elaboration of maps (basic map, soil, declination, land use and geomorphology).

In relation to the support programs to the GIS (Georeferentiated System of Integrated Watershed Management) SGMIBH, it was concluded that in its first version the objectives were achieved. By means of use of the system developed it was possible the digitalization of the maps, the computation of the partial areas of each theme, total area of the sub-watershed, rasterization of the outline polygon, rasterization of the Themes (Information Plans (PI)) crossing of the PI and elaboration of the Digital Elevation Models.

Concerning the handling of the subbasin of Arroio Grande River, it was concluded that the referred, due to its declination, kind of soil, land use, among other parameters, is bound to have forest, having at the present over 25% of total area covered by forest (minimum recommended).

By means of mapping of the soils, it was observed that this watershed, although it presents adequate areas to the mecanization is subject to erosion. Practices of conservation should therefore be implemented and correction of acidity and fertility should be done.

For an integrated handling of the refered watershed, it is recommended that besides the physical diagnosis of conservation others be elaborated (socio-economic, vegetation, water, among others).

C A P Í T U L O    7  
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - ABAD, C.D. Algunas Relaciones Entre la Geomorfologia y la Vegetación en la Región Morfoclimática Equatorial. Notícia Geomorfológica, Campinas 17 (34): 85-93, 1977.
- 02 - ALMEIDA, S.A.O. Monitoramento da Intensidade de Desmatamento por Classe de Declividade com Imagens LANDSAT. Tese de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS. 1984. 112p. (84)
- 03 - AMSP&ACSM. GIS FOR RESOURCE MANAGEMENT: A COMPENDIUM. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping. Falls Church, VA 22046. 1986.
- 04 - ANDERSON, R.J. et alii. A land Use and Land Cover Classification System for Use With Remote Sensor Data. Paper nº 964. Washington. Geological Survey. 1976. (76)
- 05 - BARROSO, N.G. Análise Comparativa Entre dois Métodos de Manejo de Bacias Hidrográficas para fins de Controle da Agricultura, Pecuária e Reflorestamento. Diss. Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. UFSM. Santa Maria-RS. 1987. 76p.



- 06 - BATISTA et alii. Uso de Sensores Remotos a Bordo de Satélites e Aeronaves na Identificação e Avaliação de Áreas de Culturas para Fins de Previsão de Safras. Relatório INPE -1229-NTC/103. São José dos Campos. SP. 1978. 33p.
- 07 - BATISTA et alii. Desenvolvimento e Teste de um Sistema de Fiscalização das Operações de Crédito Agrícola ao Nível de Município e de Propriedades Agrícolas Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos. 1984. (INPE-3239-RPE/462.
- 08 - BELTRAME, A. da V. Uma Aplicação do Sensoriamento Remoto no Planejamento Físico de Microbacias Hidrográficas. Agrop. Catarinense, v.4, n.1, mar. 1991.p.37-41.
- 09 - BEZIER, P. Numeric control-mathematics and applications. London. Wiley, 1972. 219p.
- 10 - BORTOLUZZI, C.A. Contribuição a Geologia da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Pesquisas, Porto Alegre, 4(1): 7-86, 1971.
- 11 - BURROUGH, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment. Clarendon Press - Oxford. 1989.

- 12 - CARNEIRO, C.M.R. Importância das Técnicas de Sensoriamento Remoto para a Ciência Florestal. Brasília, IBDF, 1980. 35p.
- 13 - CARNEIRO, C.M.R. e CARVALHO, O.L.M. de. Classificação das Terras do Distrito de Camobi-Santa Maria-RS, Através de Classes de Coeficientes de Rugosidade Extraídas de Aerofotos Verticais. Revista do Centro de Ciências Rurais-UFSM. 4(1):63-80. Santa Maria-RS. 1974.
- 14 - CARNEIRO, C.M.R. Curso de Fotointerpretação. Santa Maria, UFSM. 1976. 93p.
- 15 - CASTAÑEDA FILHO, R. Fatores Determinantes na Implantação de um Sistema de Informações Geográficas. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Gramado-RS. 1989. Anais..., Sociedade Brasileira de Cartografia, 1989. p. 625-35.
- 16 - CERUTI, A. A Method for Drawing Slope Maps from Contour Maps by Automatic Data Acquisition and Processing. Comput. Geosci. 1980. 6,289-97.
- 17 - CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. Rio Claro Editora Edgard Blücher Ltda. 1981. 313p.

- 18 - COMASTRI, J. A.. Topografia; altimetria. Viçosa-UFV,  
Imprensa Universitária, 2ª ed. 1987. 175p.
- 19 - COONEY, T.M. e TUCKER, D. Spacial Analysis on the Micro.  
Journal of Forestry, 84(8):13-14, 49-50. Aug., 1986.
- 20 - COORDENADORIA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÀGUA. Manejo e  
Conservação do Solo e da Água. Informações Técnicas.  
Brasília-DF. 1983. Ministério da Agricultura.  
Secretaria Nacional de Produção Agropecuária.  
Secretaria de Recursos Naturais. Coordenadoria de  
Conservação do Solo e Água. 66p.
- 21 - CORREIA, e FELGUEIRAS, C.A. e DUTRA, L.V. In: VI SIM-  
PÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Manaus,  
24-29 jun. 1990. Anais. Manaus - AM, Instituto  
Nacional de Pesquisas Espaciais e Sociedad de  
Especialistas Latinoame en Percepción Remota, 1990.  
p. 724-31.
- 22 - DE BIASI, M. Carta de Declividade de Vertentes:  
Confecção e Utilização. São Paulo. Instituto de  
Geografia-USP. 1970. p.8-19.
- 23 - DUARTE, P. A. Cartografia Básica. Florianópolis-SC,  
Ed. da UFSC, 2ª ed. 1988. 182p. (Série didática).

- 24 - ERTHAL, G.J.; OLIVEIRA, M.O.B. de; FELGUEIRAS, C.A.; NETO, G.C. e PAIVA, J.A. de C. O Banco de Dados Geográficos do INPE. INPE-4636-PRE/1348. Agosto de 1988.
- 25 - ESPARTEL, L. Curso de Topografia. 6ª ed. Porto Alegre, Ed. Globo, 1978.
- 26 - FELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J.; DIAS, L. A. V. Uma metodologia para diversificação de grade regular retangular. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, Águas de Lindóia, 26-29 abr. 1989. Anais ... Águas de Lindóia-SP, Sociedade Brasileira de Computação, 1989. p. 533-40.
- 27 - FELGUEIRAS, C. A. e ERTHAL, G. J. Aplicações de modelos numéricos de elevação e integração com imagens digitais. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, 11-15 out. 1988. Anais... Natal-RN, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota, 1988. p. 485-96.
- 28 - FUCHS, R.B.H. Avaliação do Uso da Terra, Por Classe de Declividade, na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim-RS, Santa maria-SR. 1986. 59p. Monografia. Especialização. Universidade Federal de

Santa Maria. CEILOS0.

- 29 - GIOTTO, E. A Aplicabilidade de Imagens RBV do Landsat-3 em Levantamento do Uso da Terra no Município de Tapera-RS. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1981. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. 90p.
- 30 - GOMES, W. e DIAS, L. A. V. Proposta de um novo método de amostragem para modelos digitais de elevação. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Manaus, 24-29 jun. 1990. Anais. Manaus - AM, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota, 1990. p.724-31.
- 31 - GONÇALVES, W. Um Sistema de Informações Geográficas em Microcomputador de 16 Bits Compatível com IBM/PC - Aplicação do Método de Combinação Linear. Tese. Mestrado. UFV. Viçosa-MG. 1989. 51p.
- 32 - GRIFFITH, J.J.; LOPES, A.C.; GILHUIS, J.P.; KASAI, M.Y. Aplicação do Método McHarg no Planejamento do Parque Florestal Estadual do Rio Doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 2, Rio de Janeiro, 1987, Anais. Rio de Janeiro, Clube de Engenharia/UFRJ, 1987. 20 p. 278-292.

- 33 - HOFFER, R.M. Computer-aided Analysis Techniques for Mapping Earth Surface Features. West Lafayette, Purdue University, Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS), 1979. 20 p. (Technical Report, 02179).
- 34 - IBDF/UFSM. Uso da Terra - Rio Grande do Sul. Santa Maria, Departamento de Engenharia Rural-UFSM. 1982. 86p. (82)
- 35 - IIC/UGC/IBM. Sistemas de Geoprocessamento. IBM do Brasil. Rio de Janeiro. 1990. 20p.
- 36 - INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Curso de Treinamento: Introdução às Técnicas de Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE. 1980. Cap. VIII. p. 1-24. (Relatório INPE 1869 - MO/004).
- 37 - JANCAITIS, J.R. e JUNKINS, J.L. Modeling Irregular Surfaces Photogrammetric Engineering. ASP. 1973. p. 413-20.
- 38 - KELLER, E.C.S. Projeto de Mapeamento de Utilização da Terra. São Paulo, Instituto de Geografia-USP. 1969. 15p.
- 39 - MACHADO, I.L.F. Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul. Santa Maria-RS. Universidade Federal de Santa Maria. 1970.

- 40 - MADRUGA, P.R. de A. e PEREIRA, R.S. Sistema de Informação Geográfica Aplicado à Área Florestal - Uma Proposta Metodológica - Tópico especial apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. UFPR. Curitiba. 1991. 145p.
- 41 - MA-INCRA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Levantamento e Avaliação de Recursos Naturais, Sócio-Econômicos e Institucionais do Rio Grande do Sul. Brasília. 1973 (a). 6.v.
- 42 - MARQUES, J.K.A. et alii Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra. III aproximação. IBGE. 1971. 433p.
- 43 - MONIZ, A.C. Elementos de Pedologia. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 1975. 459p.
- 44 - MOREIRA DE CHRISTO, S.S. Um Novo Método Para Elaborar Diagnóstico Físico-Conservacionista de Sub-bacias Hidrográficas. Santa Maria-RS. 1989. 60p. Monografia. Especialização. Universidade Federal de Santa Maria. CEIIOS0.
- 45 - MORENO, J.A. Uso da Terra, Vegetação Original e Atual do Rio Grande do Sul. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 15:45-51. jan.-dez. 1972.

- 46 - NERY, C. E. e DIAS, L. A. V. Interpolação Beta-Splines para modelos digitais de elevação. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Manaus, 24-29 jun. 1990 Anais ... Manaus-AM, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota, 1990. p. 744-52.
- 47 - NEWZELAND FOREST INDUSTRIENS. Geographic Information System Developed for PCs. Março 1988. Vol.19, Nº 3. 23-26.S
- 48 - NOVO, E.M.L. de M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1989. 308p.
- 49 - OLIVEIRA, C. de. Curso de Cartografia Moderna. Rio de Janeiro-RJ, IBGE, 1988. 152p.
- 50 - OSWALD, H. e RAETZSCH, H. A System for Generatio and Display of Digital Elevation Models. Geoprocessing. 1984. 2. 197-218.
- 51 - PAIVA, J.A. de C. e ERTHAL, G.J. Metodologia de Análise de Redes Dentro de um Sistema de Informações Geográficas. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Gramado-RS. 1989. Anais..., Sociedade



Brasileira de Cartografia, 1989. p. 711-14.

52 - PARKER, H.D. GIS SOFTWARE 1989: A Survey and Commentary.

PE&RS. 1989. 55(11): 1589-1591.

53 - PE&RS - Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

Vols. 55(11) e 57(6).

54 - PENTEADO, M. M. Fundamentos de Geomorfologia. 3<sup>a</sup>

edição. Fundação IBGE. Rio de Janeiro. IBGE. 1983.

185p.

55 - PEREIRA, E.T.L. Processamento Digital de Dados

Planialtimétricos do Relevo Aplicado a Elaboração de

Perfis. Monografia. Curso de Especialização em

Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais

-CEIIOS0. Universidade Federal de Santa Maria.

Santa Maria-RS. 80 p. 1991.

56 - PEREIRA FILHO, W. Capacidade de Uso da Terra em Função

do Coeficiente de Rugosidade. Monografia. Especialização.

Santa Maria-RS. Universidade Federal de Santa Maria.

1986. 50p.

57 - PEREIRA, R.S. Proposta Metodológica para a Determinação

de Unidades de Planificação de Bacias Hidrográficas.

Projeto de Pesquisa. 1989. Universidade Federal de

Santa Maria. Santa Maria-RS. 17p.

- 58 - PERSIANO, R.C.M. Filtragem de curvas e superfícies splines. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS. Anais ... Gramado, RS. 30/MAI a 01/JUN.1990. p. 212-19.
- 59 - PEUKER, T.K. e CHRISMAN, N. Cartographic data Structures. Am. Cartogr. 2(1),55-69.
- 60 - PLANALSUCAR. Inventário Canavieiro comAuxílio de Fotografias Aéreas. Piracicaba. 1979. 38p. (Boletim Técnico).
- 61 - PROPLASA. Plano Diretor Físico Territorial. Santa Maria, Secretaria de Planejamento-Prefeitura Municipal de Santa Maria-RS. 1979. V. 1. p. 10.20.
- 62 - RAISZ, E. Cartografia Geral. Rio de Janeiro-RJ, Científica. 1969. 414p.
- 63 - RAMBO, R.R. A Fisionomia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Livraria Selbach. 1956. 456p. (38)
- 64 - RICHARDS, J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer Verlag Berlin Heidelberg. Germany. 1986. 281p.

- 65 - ROCHA, J.S.M da. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Santa Maria-RS. UFSM. 1989. 195p.
- 66 - ROCHA, J.S.M da. Manual de Interpretação de Aerofotogramas. Fascículo XI. DER. Santa Maria-RS. 1986. 70p.
- 67 - ROCHA, J.S.M. da. Fotografias Aéreas Aplicadas ao Planejamento Físico Rural. Santa Maria. Departamento de Engenharia Agrícola e Florestal-UFSM. 1978. 51p.
- 68 - ROCHA, J.S.M. da. Contribuição para a Avaliação Quantitativa da Capacidade de Uso da Terra no Estado do Rio Grande do Sul. Tese de Livre Docência. UFSM. Santa Maria-RS. 1977. 170p.
- 69 - SAKUDE, M. T. S. Determinação de curvas de nível em terrenos representados por superfícies bicúbicas. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS. Águas de Lindóia, 26-29 abr.1989. Anais ... Águas de Lindóia-SP, Sociedade Brasileira de Computação, 1989. p. 524-32.
- 70 - SAKUDE, M. T. S. Interpolação de curvas e superfícies por splines de grau arbitrário. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS. Anais ... Gramado,

RS.30/MAI a 01/JUN. 1990. p. 203-11.

- 71 - SALLES, J. S. R. O sistema LIMB-I. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Brasília, 15-2. set. 1985. Anais ... Brasília-DF, Sociedade Brasileira de Cartografia, 1985. p. 301-15.
- 72 - SANTOS, L. dos. Confecção de Mapa de Trafegabilidade do Terreno Usando SIG e Imagens de Satélite. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Gramado-RS. 1989. Anais..., Sociedade Brasileira de Cartografia, 1989. p. 763-65.
- 73 - SANTOS et alii. Avaliação da Cobertura Vegetal e Uso da Terra nas Áreas. programas do PORI-AM através da Técnica de Sensoriamento Remoto. Relatório INPE-270-INDE/199. São José dos Campos-SP. 1983. 62p.
- 74 - SGI V2.0. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - Manual do Usuário. Engespaco Industria e Comércio Ltda. São José dos Campos-SP. 1989.
- 75 - SOUZA COELHO, A.G. Fotografias Aéreas Verticais na Classificação de Terras Agricultáveis. Aerofotogeografia. São Paulo, Instituto de Geografia-USP, 1971. 13p.

- 76 - SUDEC0. Levantamento de Reconhecimento de Solos, da Aptidão Agropastoril, das Formações Vegetais e do Uso da Terra em Área do Território Federal de Rondônia. Relatório. Belo Horizonte. Fundação João Pinheiro, Centro de Recursos Naturais. Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento da Região Centro Oeste. 1975. 171p.
- 77 - THOFEHRN, H.A. A Curva de Lorens-Thofehrn. Porto Alegre. 1980. 12p.
- 78 - TUSCO, C. e ABIB, O. A. Sistema de Informações Geográficas do Serviço Geográfico do Exército. In: Anais. p.621-624.
- 79 - VALENTE, O.F. e CASTRO, P.S. Manejo de Bacias Hidrográficas. Informe Agropecuário. 7(80):40-45. Belo Horizonte. 1981.
- 80 - VILLELA, S.M. e MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo-SP McGraw-Hill do Brasil. 1975.245P.
- 81 - WEGMAN, E.J. e WRIGHT, I.W. Splines in statistics. JOURNAL OF THE AMERICAN STATISTICAL ASSOCIATION. Nº 382. vol. 78. 1983. p. 351-65.
- 82 - YOELI, P. Ueber Digtible Gelandemodelle und Dren Computergestützte Kartographische und Kartometrische

Auswertung. Vermess. Photogramm. Kulturtech. 2/82.  
1982. 34-9.

**ANEXO 01**

Coordenadas Planimétricas;  
Número de Pontos Digitalizados;  
Abcissas e Ordenadas (m);  
Valor da cota da Curva de Nível.

## COORDENADAS PLANIMETRICAS

N.º PT	ABSCISSAS (m)	ORDENADAS (m)
1	19142.50	5491.25
2	19032.50	5697.50
3	18816.25	5512.50
4	18767.50	5267.50
5	18668.75	5077.50
6	18463.75	5168.75
7	18545.00	5461.25
8	18415.00	5583.75
9	18103.75	5488.75
10	18045.00	6043.75
11	17863.75	6455.00
12	17516.25	6572.50
13	17106.25	6286.25
14	17278.75	5795.00
15	17517.50	5648.75
16	17348.75	5470.00
17	16823.75	5430.00
18	16248.75	5642.50
19	16250.00	5951.25
20	15875.00	6233.75
21	15486.25	6326.25
22	15588.75	5580.00
23	16056.25	5162.50
24	16421.25	4781.25
25	16911.25	4767.50
26	17185.00	4458.75
27	16802.50	4370.00
28	16836.25	4181.25
29	17171.25	4040.00
30	17337.50	4116.25
31	17510.00	4110.00
32	17567.50	4067.50
33	17797.50	4277.50
34	17916.25	4498.75
35	17921.25	4698.75
36	18056.25	4806.25
37	18188.75	5067.50

COTA DA CURVA DE NIVEL = 140

COTA DA CURVA DE NIVEL = 140	
Comprimento	= 12.67 km
Somatorio dos comprimentos	= 62.31 km



**ANEXO 02**

Listagem dos Arquivos Gerados pelo Programa NIVELDAT

ARQUIVO AGCN140.001 - CURVA DE NÍVEL INDIVIDUAL

37	12666.2919921875	
688673.0625	6863752	140
688506.375	6863916.5	140
688354.5625	6863675	140
688380.875	6863426.5	140
688343	6863215	140
688119.6875	6863241.5	140
688110.3125	6863545.5	140
687949.5	6863624	140
687680	6863440.5	140
687458.5625	6863954	140
687162.75	6864293.5	140
686795.25	6864302.5	140
686488.25	6863906.5	140
686799.5	6863487.5	140
687071.5	6863419	140
686963.25	6863197.5	140
686472.875	6863003	140
685859.5	6863035	140
685768.75	6863331	140
685325.875	6863489.5	140
684926.4375	6863462.5	140
685246.6875	6862779	140
685818.25	6862518.5	140
686280.9375	6862262.5	140
686753.8125	6862395.5	140
687107.625	6862181.5	140
686768.125	6861982.5	140
686856.625	6861812	140
687219.125	6861776.5	140
687355.5	6861699	140
687522.375	6861944.5	140
687590.0625	6861921	140
687747.625	6862190.5	140
687795.3125	6862437.5	140
687740.5625	6862630	140
687837.75	6862773	140
687886.75	6863062.5	140

## ARQUIVO AGCN.DAT

688484.5	6864561.5	100	683959.75	6866674.5	120
685008.3125	6872414	100	684411.5625	6866567	120
684752.125	6871985.5	100	684349.5625	6866180.5	120
684443.8125	6871564	100	683605	6866170.5	120
684219.25	6871409	100	683542	6865934.5	120
684270.4375	6870979	100	683601.4375	6865756	120
684105.9375	6870542	100	683548.75	6865478.5	120
684104.1875	6870219	100	683280	6865372.5	120
684663.875	6870452	100	683777.25	6865220.5	120
685021	6870595.5	100	684070.9625	6865616	120
685307.375	6870736	100	684405.875	6865788.5	120
685659.875	6871108	100	684663.375	6865454.5	120
685744.3125	6871444	100	684860.25	6865947	120
685742.8125	6871529	100	685582.5625	6865834.5	120
685741.5625	6871524.5	100	685556.875	6865528.5	120
684703	6872556.5	120	685584.125	6866906	120
684397.375	6872151.5	120	685508.5	6867257	120
684063.6875	6872048	120	686250.375	6867271.5	120
683844.375	6872390	120	686153.6875	6867742.5	120
683630.875	6872688.5	120	686862.3125	6867956.5	120
683531.4375	6872489	120	687067.6875	6868380	120
683649.4375	6872072.5	120	687361.25	6868439.5	120
683605.1875	6871860.5	120	687563.5625	6868472.5	120
683344.875	6872195.5	120	687262.625	6867659.5	120
683005.6875	6872113.5	120	686890	6867522	120
683161.375	6871756.5	120	686514.5625	6866992	120
683522.625	6871379	120	686758.625	6866797.5	120
683166	6871268.5	120	687028.9625	6866977	120
682617.3125	6871452	120	687314.1875	6866609.5	120
682570.9375	6871196.5	120	687844.625	6866667	120
682785	6871065	120	688187.6875	6866509	120
683050.8125	6870493	120	687863.5625	6866130	120
683265.6875	6870363	120	687491.8125	6865507	120
683065.8125	6870133	120	687374.3125	6865518.5	120
682437.5	6870428	120	688100.3125	6865592.5	120
682132.6875	6870480.5	120	688540.6875	6866105	120
682174.5	6870076	120	689214.125	6866275	120
682626.875	6869680.5	120	689345.0625	6865850	120
682927.6875	6869451.5	120	689636.875	6865952	120
682831.5	6869217	120	689717.0625	6866070.5	120
682465.125	6869475.5	120	689681.875	6866150	120
682511.1875	6869049	120	686673.0625	6863752	140
682139.8125	6868763	120	688506.375	6863916.5	140
681837.8125	6868953.5	120	688354.5625	6863675	140
681790.25	68689207.5	120	688380.875	6863426.5	140
681307.6875	6868988	120	688343	6863215	140
680650.1875	6868677	120	688119.6875	6863241.5	140
680144.5	6868628.5	120	688110.3125	6863545.5	140
680727	6869227	120	687949.5	6863624	140
681269.4375	6869785.5	120	687680	6863440.5	140
681346.875	6870367	120	687458.5625	6863954	140
680753.5	6869917.5	120	687162.75	6864293.5	140
680358.6875	6869904.5	120	686795.25	6864302.5	140
680286.25	6870104	120	686488.25	6863906.5	140
686188.75	6871305.5	120	686799.5	6863487.5	140
686280.125	6871041.5	120	687071.5	6863419	140
685967.125	6870664.5	120	686963.25	6863197.5	140
686390.9375	6870643	120	686472.875	6863003	140
686695.125	6870521.5	120	685859.5	6863035	140
686865.125	6870523	120	685768.75	6863331	140
686988.8125	6870509	120	685325.875	6863489.5	140
686846.6875	6870375.5	120	684926.4375	6863462.5	140
686473.625	6870280.5	120	685246.6875	6862779	140
686258	6870097	120	685818.25	6862518.5	140
685778.9375	6869895	120	686280.9375	6862262.5	140
685686.625	6869559.5	120	686753.8125	6862395.5	140
685320.4375	6869354	120	687137.625	6862181.5	140
685689.4375	6869007	120	686768.125	6861982.5	140
686067.4375	6869090.5	120	686856.625	6861812	140
686002.3125	6868688.5	120	687219.125	6861776.5	140
685729.5625	6868224.5	120	687355.5	6861899	140
685410.375	6868369	120	687522.375	6861944.5	140
685002.0625	6868412.5	120	687590.0625	6861921	140
684944.8125	6867909.5	120	687747.625	6862190.5	140
684946.3125	6867491.5	120	687795.3125	6862437.5	140
684531.6875	6867142	120	687740.5625	6862630	140
684218.75	6867477.5	120	687837.75	6862773	140
683886.8125	6867145	120	687886.75	6863062.5	140
684147.25	6866856	120			

## ARQUIVO AGCN.NCD - NÚMERO DE CURVAS DIGITALIZADAS

62312.28515625 ARQUIVO SCN - SOMA COMPRIMENTO DAS CURVAS DE NÍVEL

AGCN100.001 ARQUIVO AGCN.CCD - CÓDIGOS DAS COTAS DIGITALIZADAS  
 AGCN100.001  
 AGCN120.001  
 AGCN120.002  
 AGCN140.001

## ARQUIVO AGCN.CTR - PONTOS DE CONTROLE

3		
678000	6870000	0
680000	6862000	0
688000	6866000	0

## ARQUIVO AGCN.MAS - COORDENADAS DO POLÍGONO MÁSCARA

22	
689667.5	6866185.5
688857.25	6866704
688567.375	6867580.5
688553.1875	6869037.5
686228.3125	6871305
683230.75	6873131.5
682626.6875	6872326
682410.3125	6872388
681899.625	6871047
681612.6875	6869312
680288.5625	6868943
679396.5	6868782
678828.3125	6868009
679324.5625	6866831
678748.4375	6865577.5
680047.625	6863733
682089.125	6860763
683549.4375	6858134.5
685695.5625	6858273.5
687917.5	6862339
689663.625	6866189.5
689664.0625	6866192.5

**ANEXO 03**

Coordenadas do Sistema da Mesa Digitalizadora;  
Coordenadas do Sistema do Mapa.  
Programa DIGAREA

# COORDENADAS PLANIMETRICAS

N.PT	ABCISSAS (m)	ORDENADAS (m)
1	683778.1000	%6865445.0000
2	683764.4000	%6865174.0000
3	683926.1000	%6864966.0000
4	684188.3000	%6864978.0000
5	684447.1000	%6864984.0000
6	684644.8000	%6864976.0000
7	684880.5000	%6865124.0000
8	684953.3000	%6865660.0000
9	684763.6000	%6865991.0000
10	684502.3000	%6866061.0000
11	684201.5000	%6866076.0000
12	683980.6000	%6865893.0000
13	683862.2000	%6865710.0000
14	683786.1000	%6865525.0000
15	683782.1000	%6865462.0000
16	683782.1000	%6865462.0000

# COORDENADAS - SISTEMA DO MAPA

N.PT	ABCISSAS (m)	ORDENADAS (m)
1	683778.1000	%6865445.0000
2	683764.4000	%6865174.0000
3	683926.1000	%6864966.0000
4	684188.3000	%6864978.0000
5	684447.1000	%6864984.0000
6	684644.8000	%6864976.0000
7	684880.5000	%6865124.0000
8	684953.3000	%6865660.0000
9	684763.6000	%6865991.0000
10	684502.3000	%6866061.0000
11	684201.5000	%6866076.0000
12	683980.6000	%6865893.0000
13	683862.2000	%6865710.0000
14	683786.1000	%6865525.0000
15	683782.1000	%6865462.0000
16	683782.1000	%6865462.0000

**ANEXO 04**

Listagem dos Arquivos Gerados pelo Programa DIGAREA

# F L T A

6		
243502.625	6712103	
243540.0625	6712151	
243531.03125		6712247
243452.3125	6712209.5	
243419.370625		6712155.5
243419.370625		6712155.5
11		
245986.96875		6713284.5
245956.609375		6713324
245751.1875	6713403	
245541.453125		6713616.5
245358.578125		6713623.5
245378.515625		6713424.5
245526.1875	6713382.5	
245669.578125		6713171.5
245800.203125		6713109.5
245838.609375		6713235
245903.203125		6713238
11		
245515.09375		6713782
245449.546875		6713748.5
245466.0625	6714076.5	
245315.53125		6714253.5
245217.96875		6714198
245291.796875		6714094.5
245278.15625		6713996.5
245355.078125		6713912.5
245386.984375		6713808.5
245455.359375		6713756.5
245454.5	6713755.5	
7		
245324.390625		6715073
245129	6714933.5	
245120.8125	6714825	
245184.03125		6714769.5
245285.828125		6714913
245326.09375		6714992.5
245324.265625		6714996
5		
244956.0625	6715178	
244878.953125		6715147.5
244859.03125		6715057
244946.109375		6715112
244947.03125		6715109.5



# FLTA . CTR

0		
240000	6718000	0
246000	6708000	0
252000	6722000	0
242000	6734000	0
234000	6730000	0
230000	6726000	0
228000	6722000	0
234000	6716000	0

# FLTA . SAD

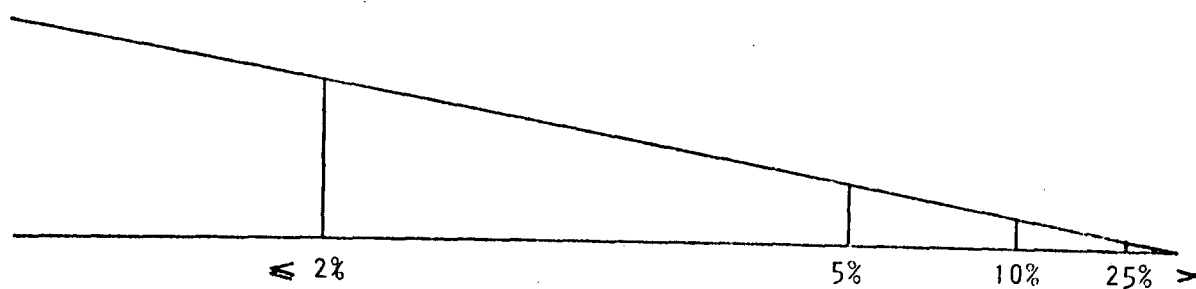
08470784 447609.40625

# F L T A . N A D

10496	410.7970275878906	101400	1947.87890625
127472	1010.029174804688	81960	1877.36083784375
65872	1268.675903320312	29812	659.5211791992188
31200	708.2549438476562	3922240	15911.451171875
5960	354.4223022460938	31440	736.95847609375
41648	978.5476684570312	42744	952.158203125
50144	967.42919921875	26504	670.619140625
76880	1116.833984375	87000	1372.724609375
85480	1451.32080078125	24944	879.7334594726562
42784	1035.029296875	53728	924.7945556640625
16368	554.1329956054688	52280	893.0993041992188
448248	4334.341796875	70352	1143.577392578125
125760	2625.62939453125	42032	803.601806640625
378960	5188.34765625	15616	551.8372192382812
60976	1308.595703125	25096	635.0978393554688
301984	2600.130859375	23568	623.9629516601562
66584	1132.232055664062	18128	609.2294921875
51248	1117.41259765625	10244	401.5125732421875
79384	1230.99267578125	38020	999.6320190429688
134656	2177.617919921875	138160	1810.049560546875
1572816	9202.24609375	811292	4254.943359375
55122456	229626.265625	18464	815.280029296875
133780	2659.94873046875	45344	843.3789672851562
785152	5687.77392578125	28504	751.82763671875
435236	3832.56005859375	13116	447.296142578125
169826	1924.4921875	55016	1059.396118164062
15704924	70330.8984375		
4568432	21150.814453125		
808720	7911.73876953125		
68576	1185.647705078125		
153982	2113.65185546875		
128216	2337.525434765625		
80640	1203.008422851562		
95148	1566.294677734375		
138242	2255.18994140625		
57428	972.7820434570312		
75360	1514.579833984375		
116336	1802.953002929688		
67344	1578.488037109375		
52224	1181.347290039062		
84936	1787.620051757812		
36488	755.9332275390625		

**ANEXO 05**

Ábaco Utilizado na Elaboração da Carta de Declividade

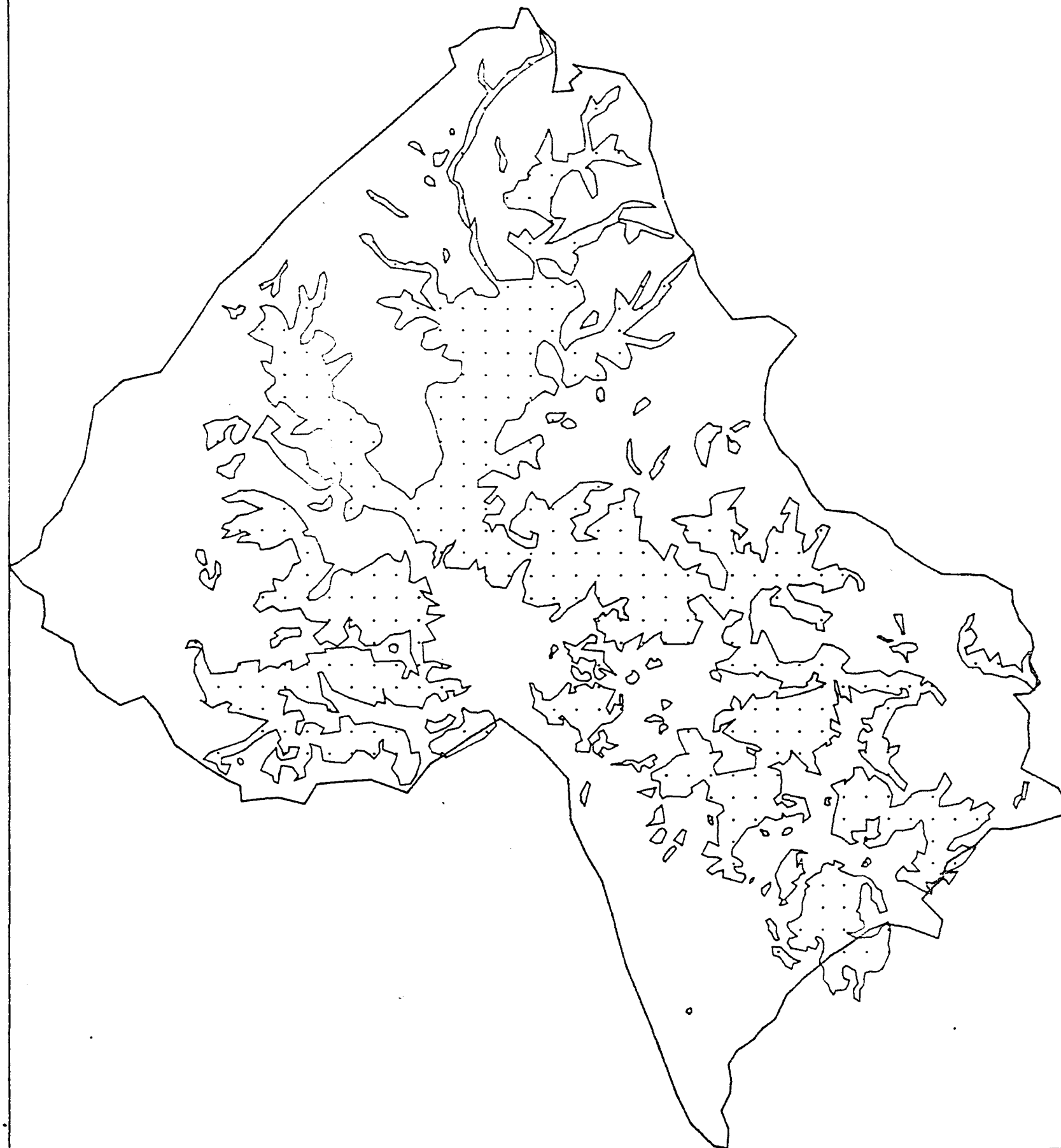


Classe de Declividade	Limite de Classe
1	menor 2
2	2 - 5
3	5 - 10
4	10 - 25
5	maior 25

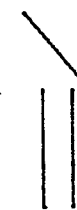
Ábaco utilizado na classificação da declividade sobre carta topográfica na escala 1:50.000, com intervalo entre curvas de nível de 20 metros.

## ANEXO 06

Exemplos de PI's nas Formas Vetorial e Raster



N\*

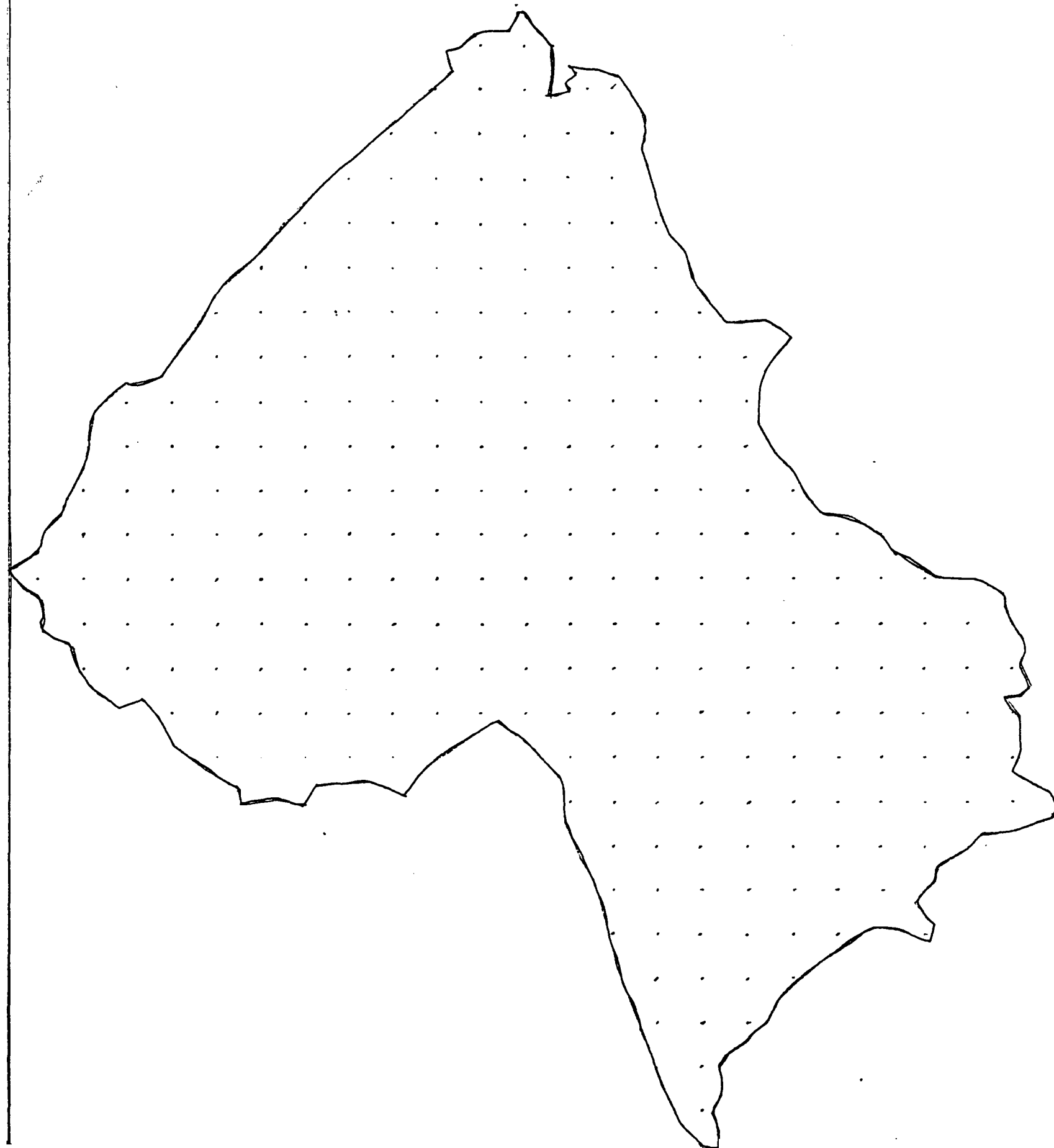


Sub-Bacia Arroio Grande\*

PI - FLTA\*

Formatos Vetorial e Raster\*

Esc - 1:100.000\*



N=



Sub-Bacia Arroio Grande\*

PI - Poligono Mascara\*

Formatos Vetorial e Raster\*

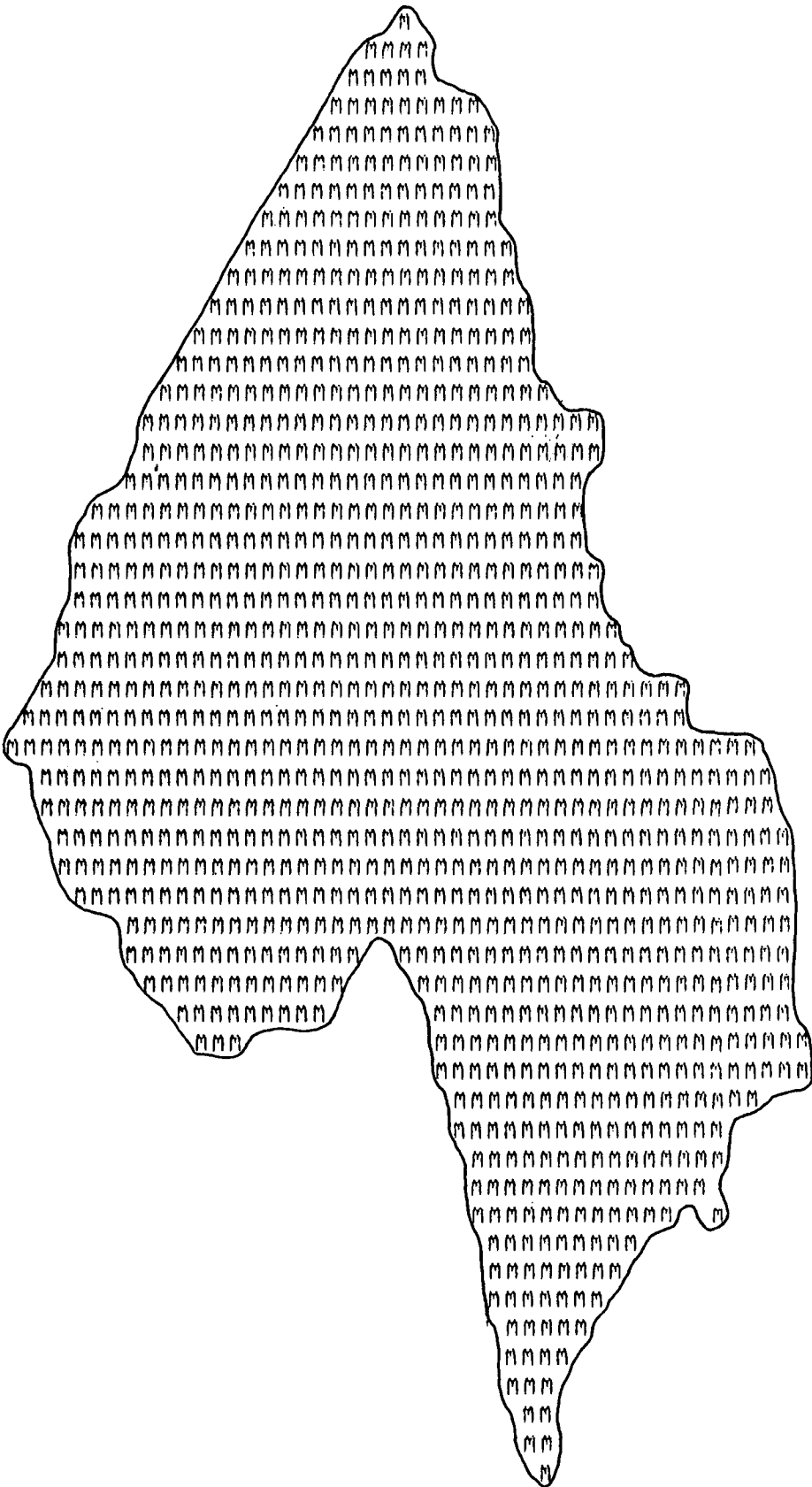
Esc - 1:100.000\*

**ANEXO 07**

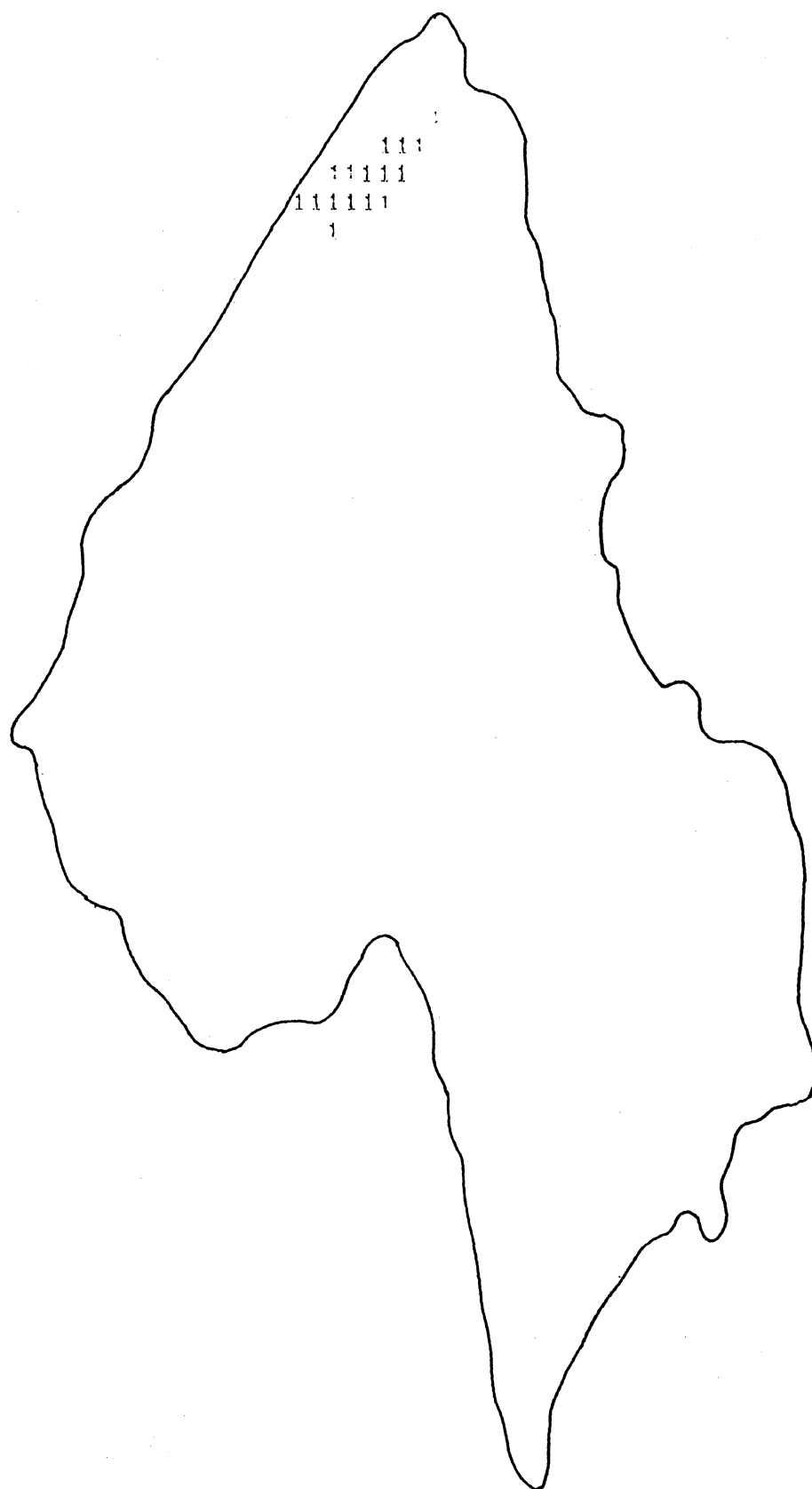
Representação Logogramática dos PI's



Plano de Informacao -- AGCN.GRC

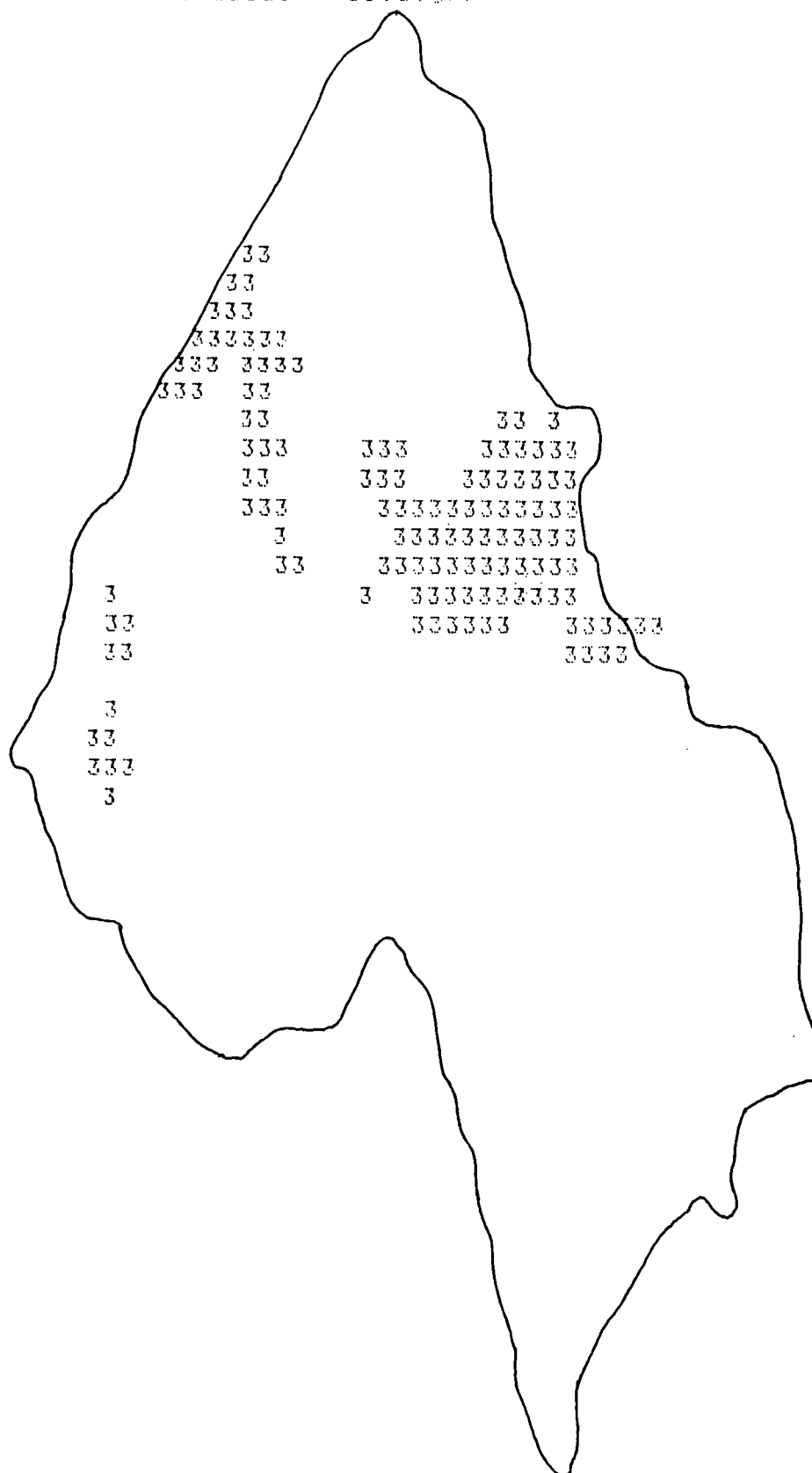


Plano de Informacao - 5011.9r

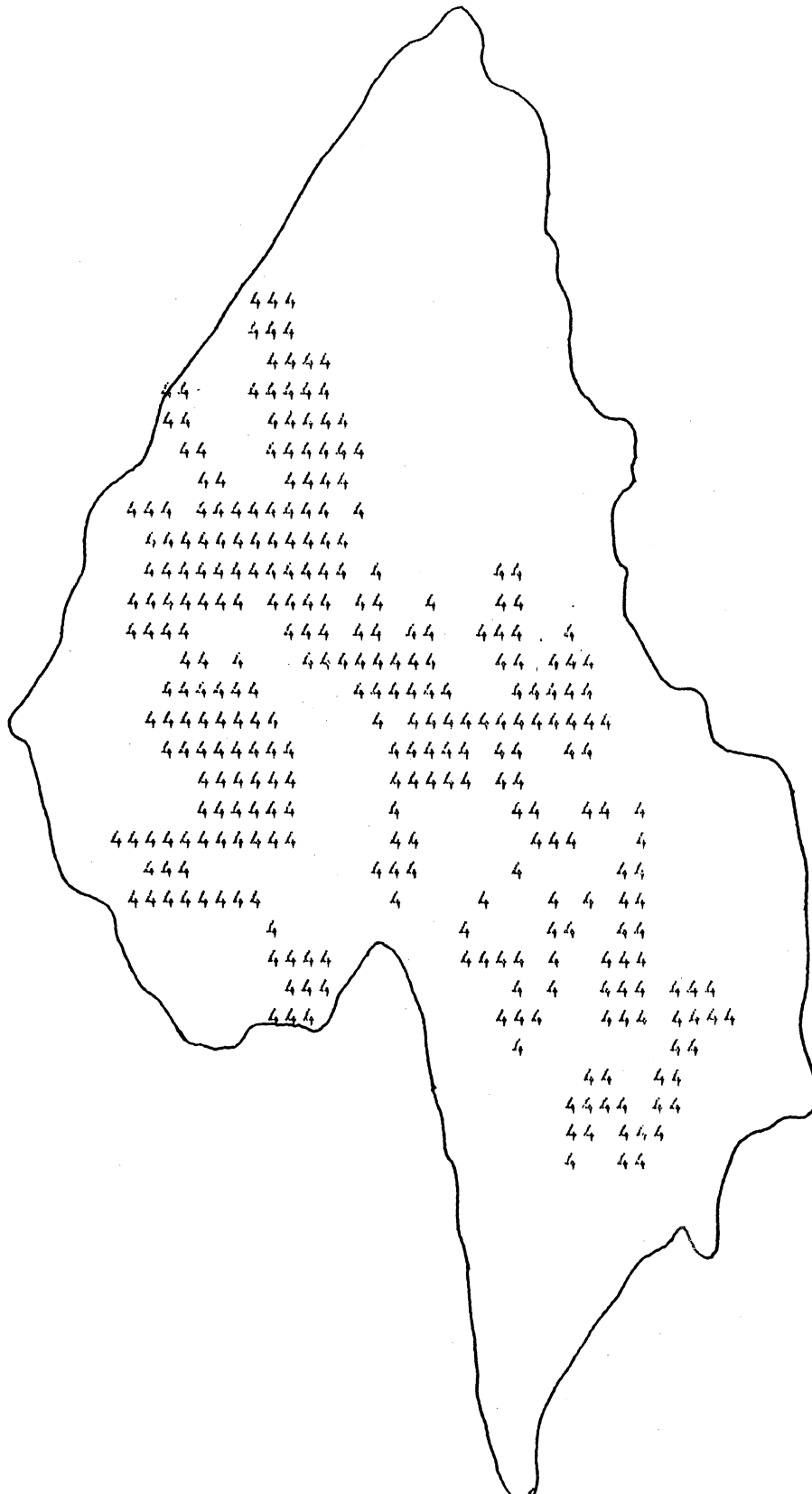




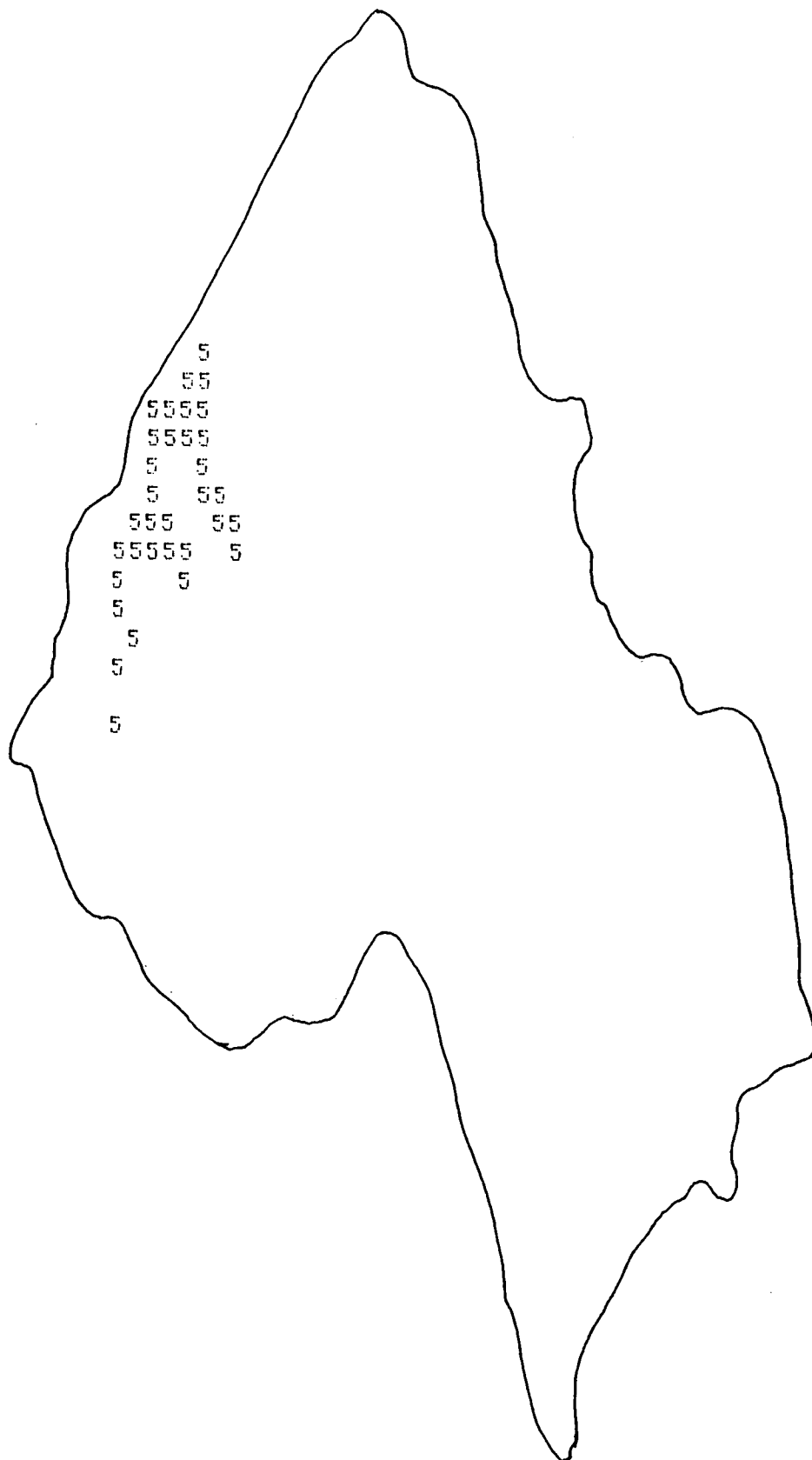
Plano de Informacao - sol3.grp



Plano de Informacao -- sol4.grp

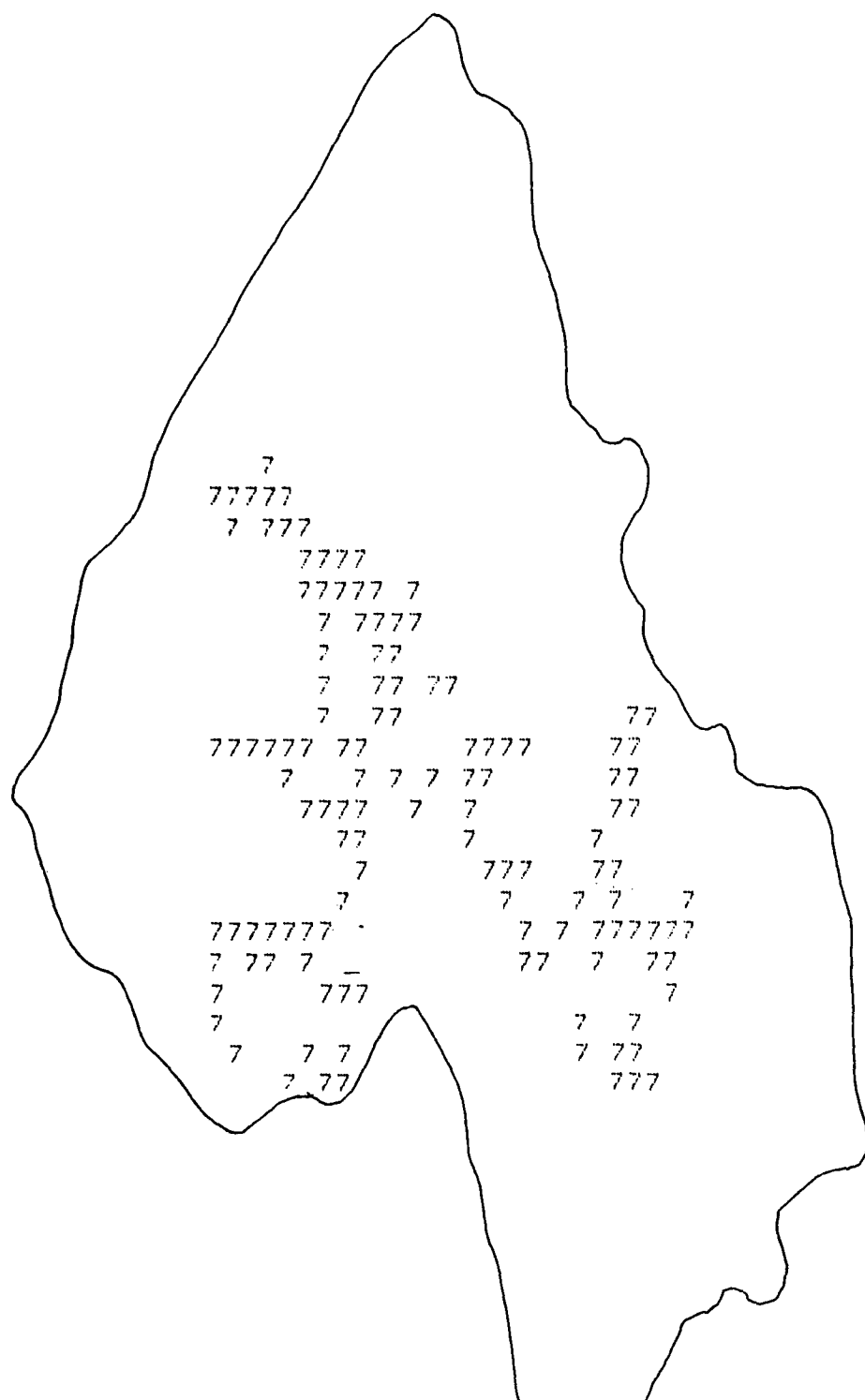


Plano de Informacao - sol5.grp



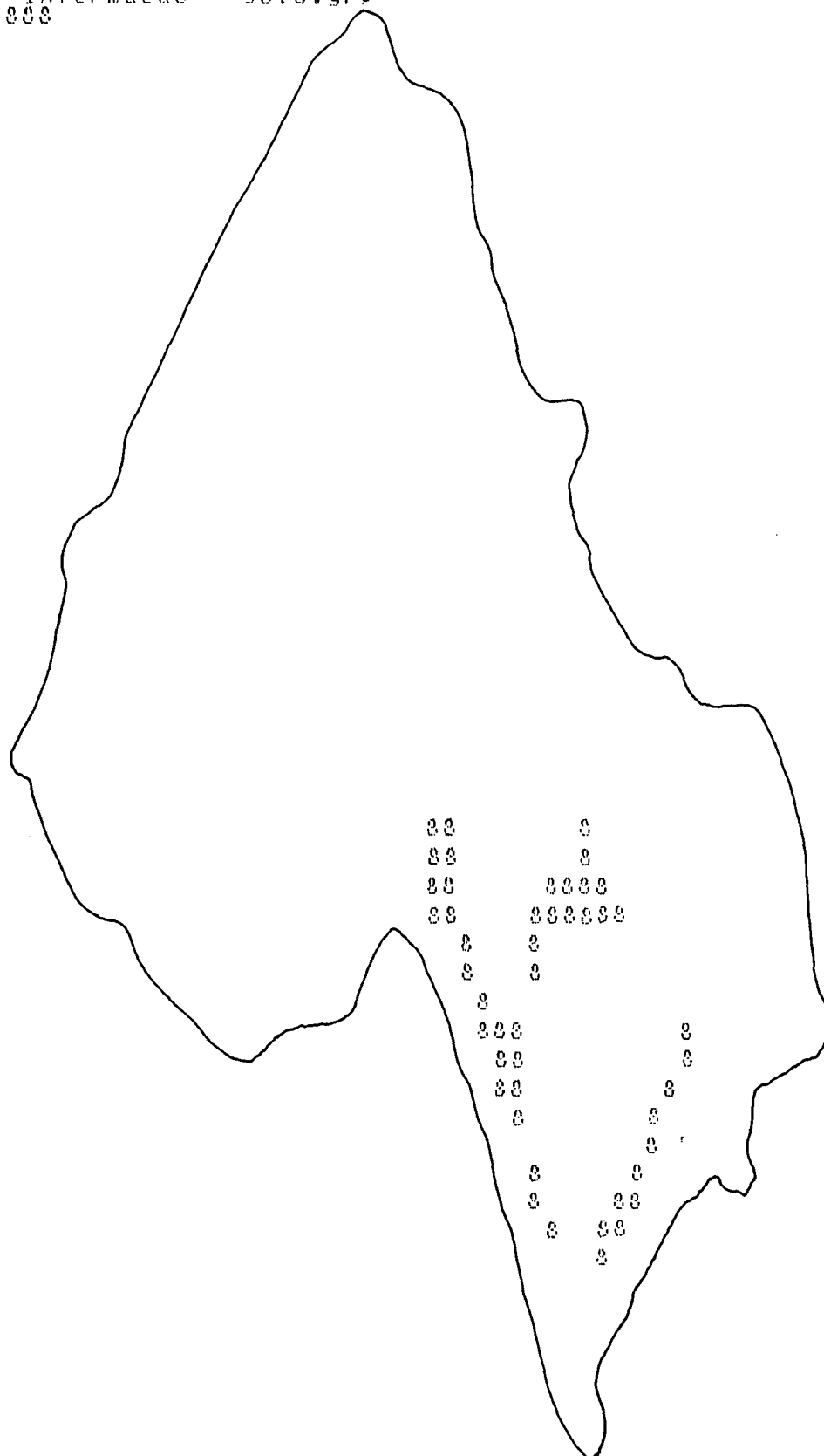
Plano de Informacao - sol6.grc



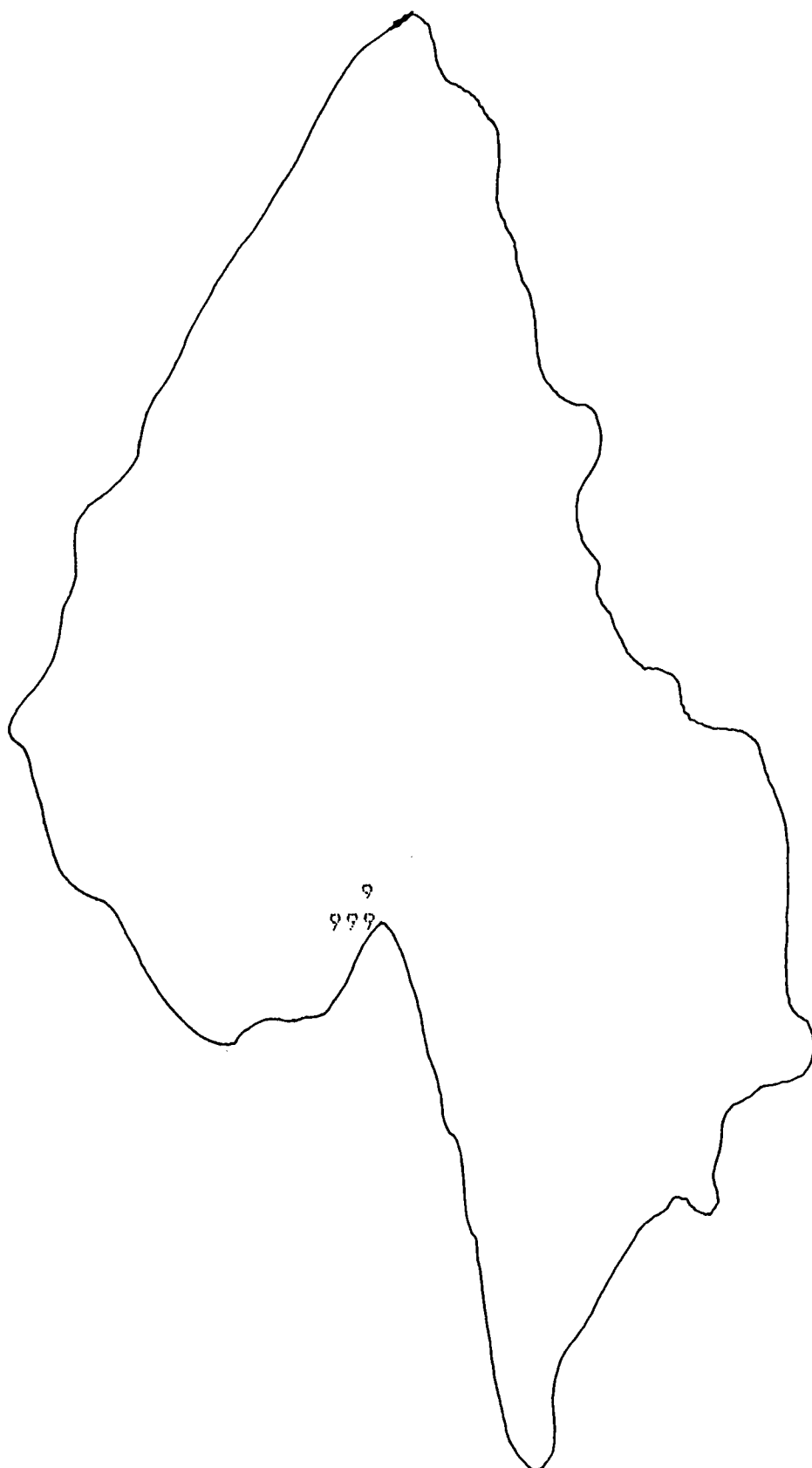




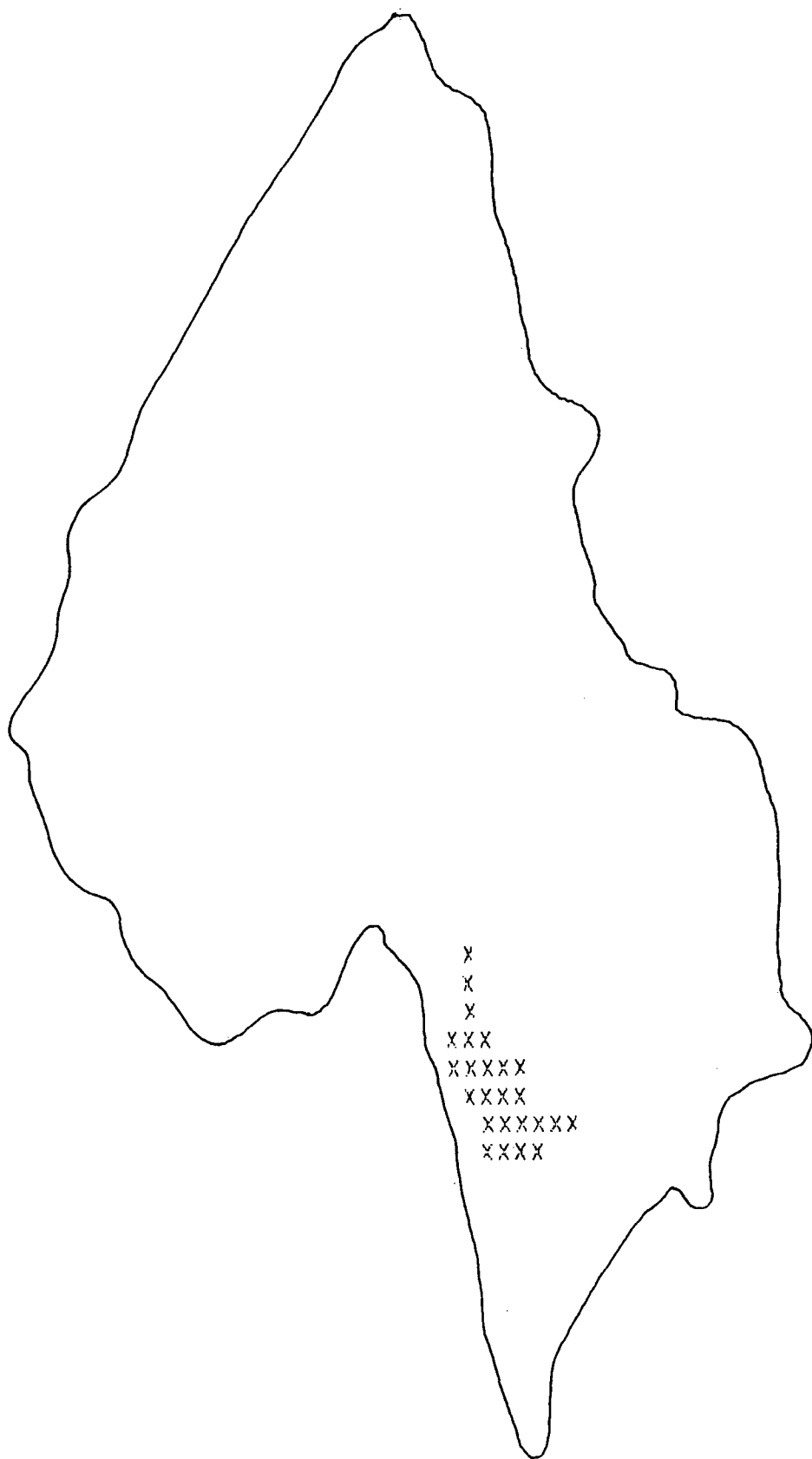
Plano de Informacao - sol8.grp  
888888888



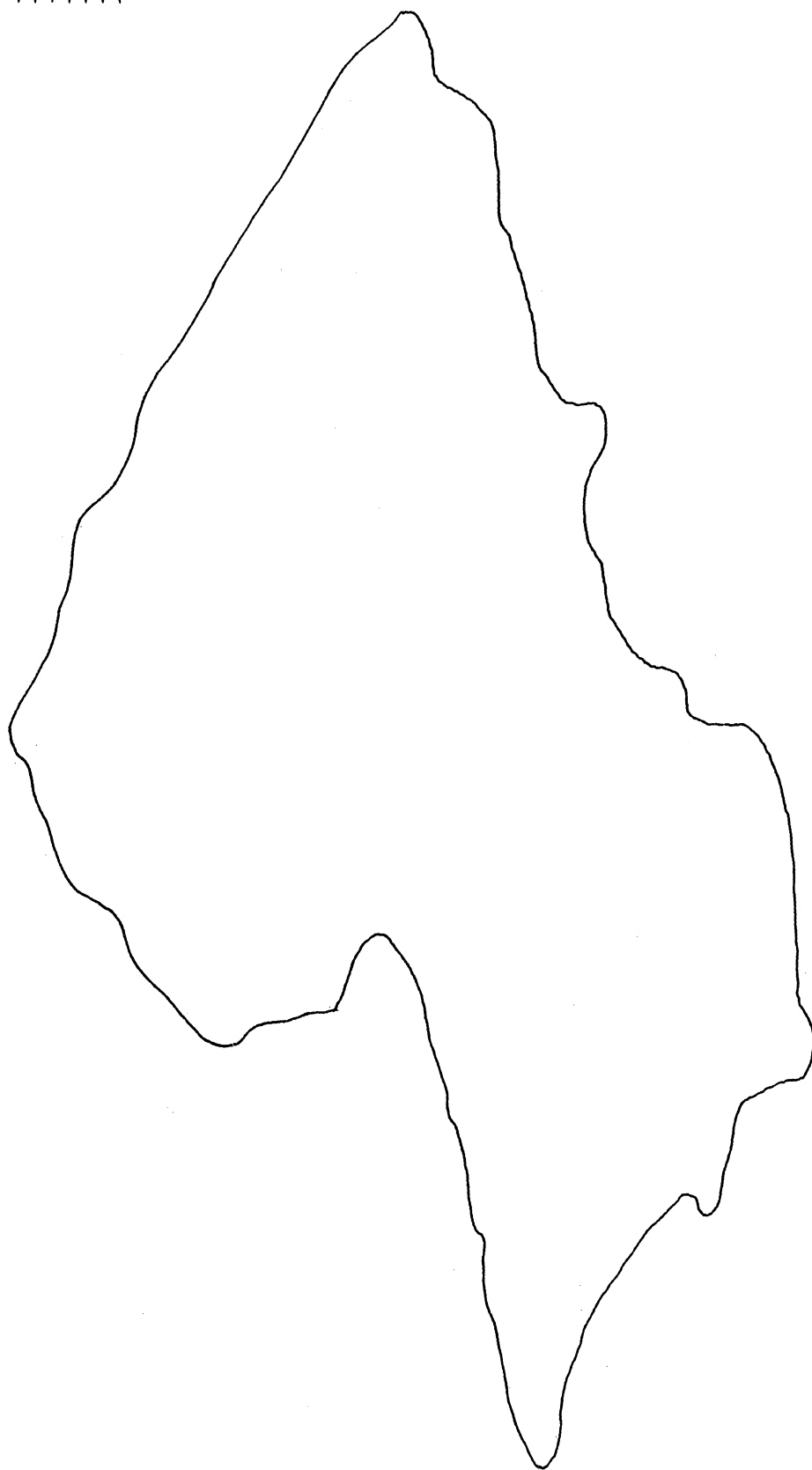
Plano de Informacao - sol9.gra



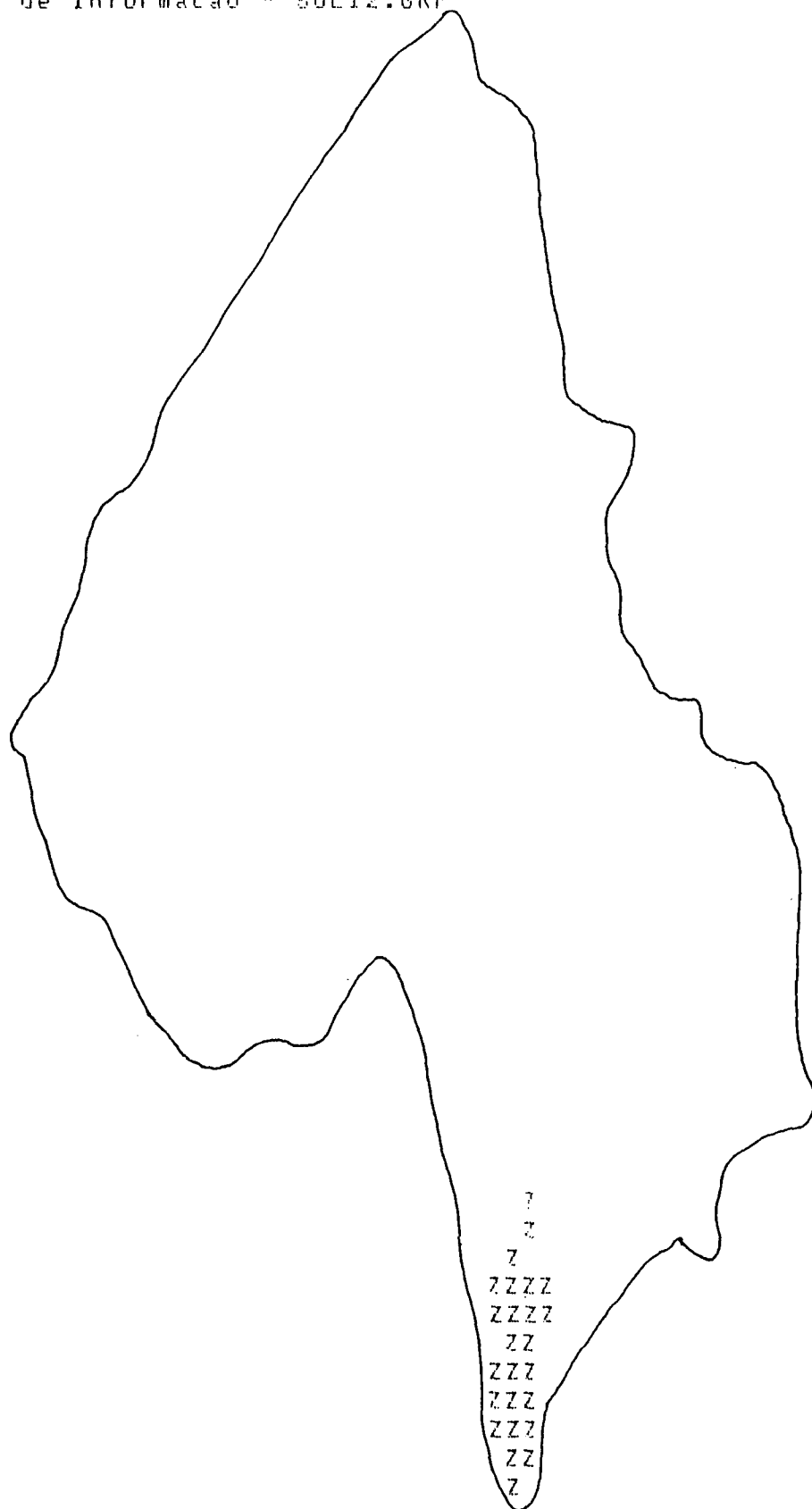
Plano de Informacao -- sol10.grp



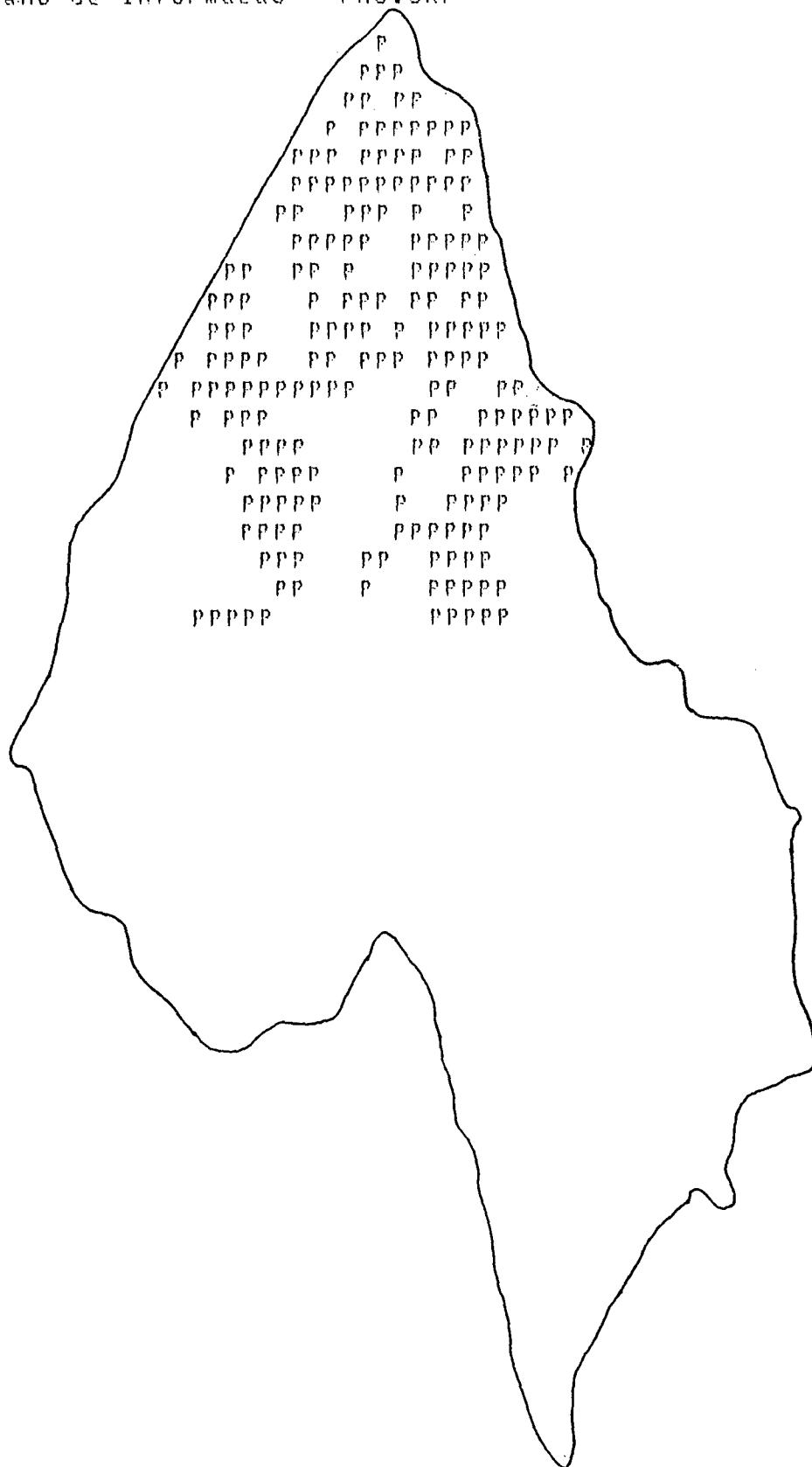
Plano de Informacao - SOL11.GRF  
TTTTTTTT



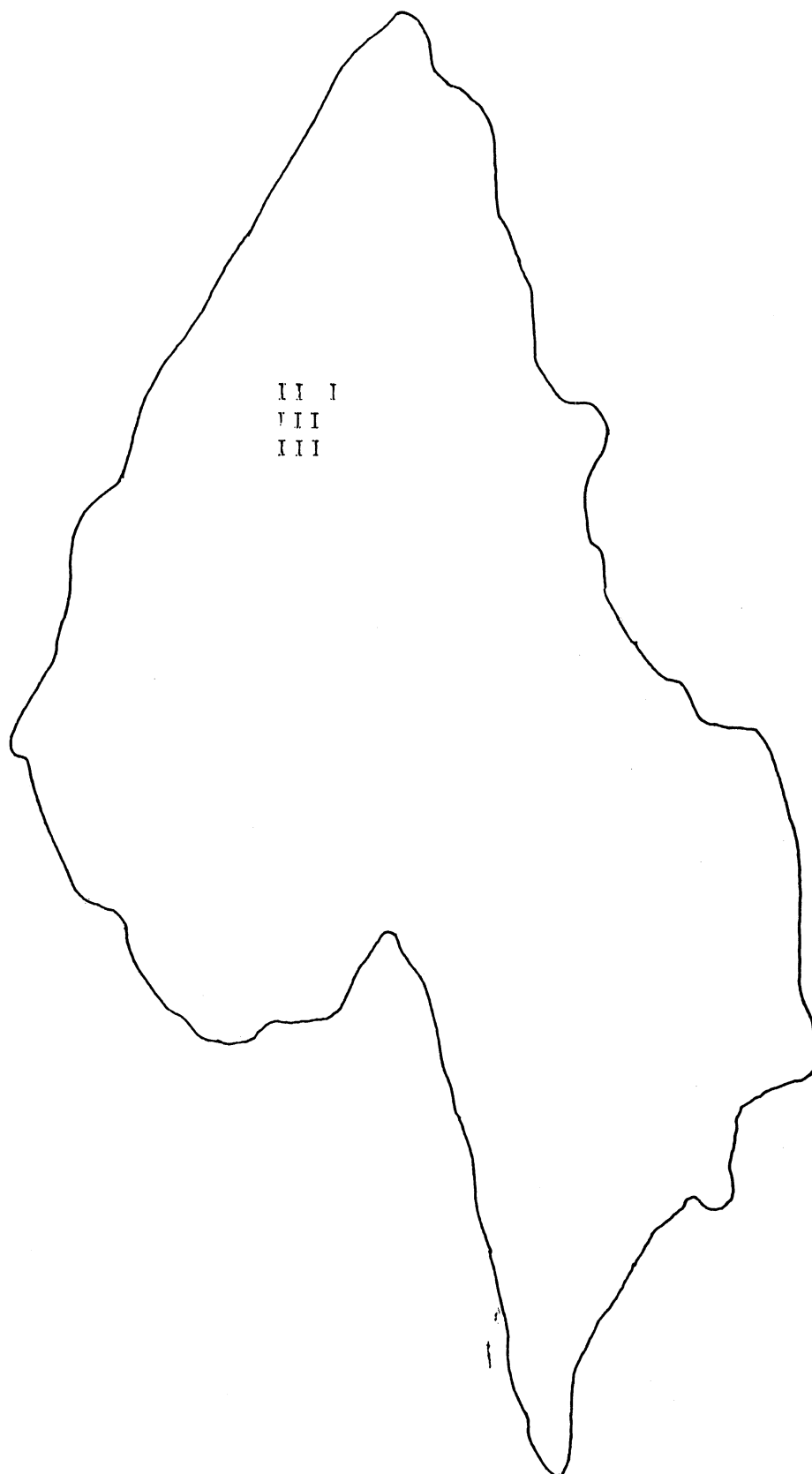
Plano de Informacao - SOL12.GRP



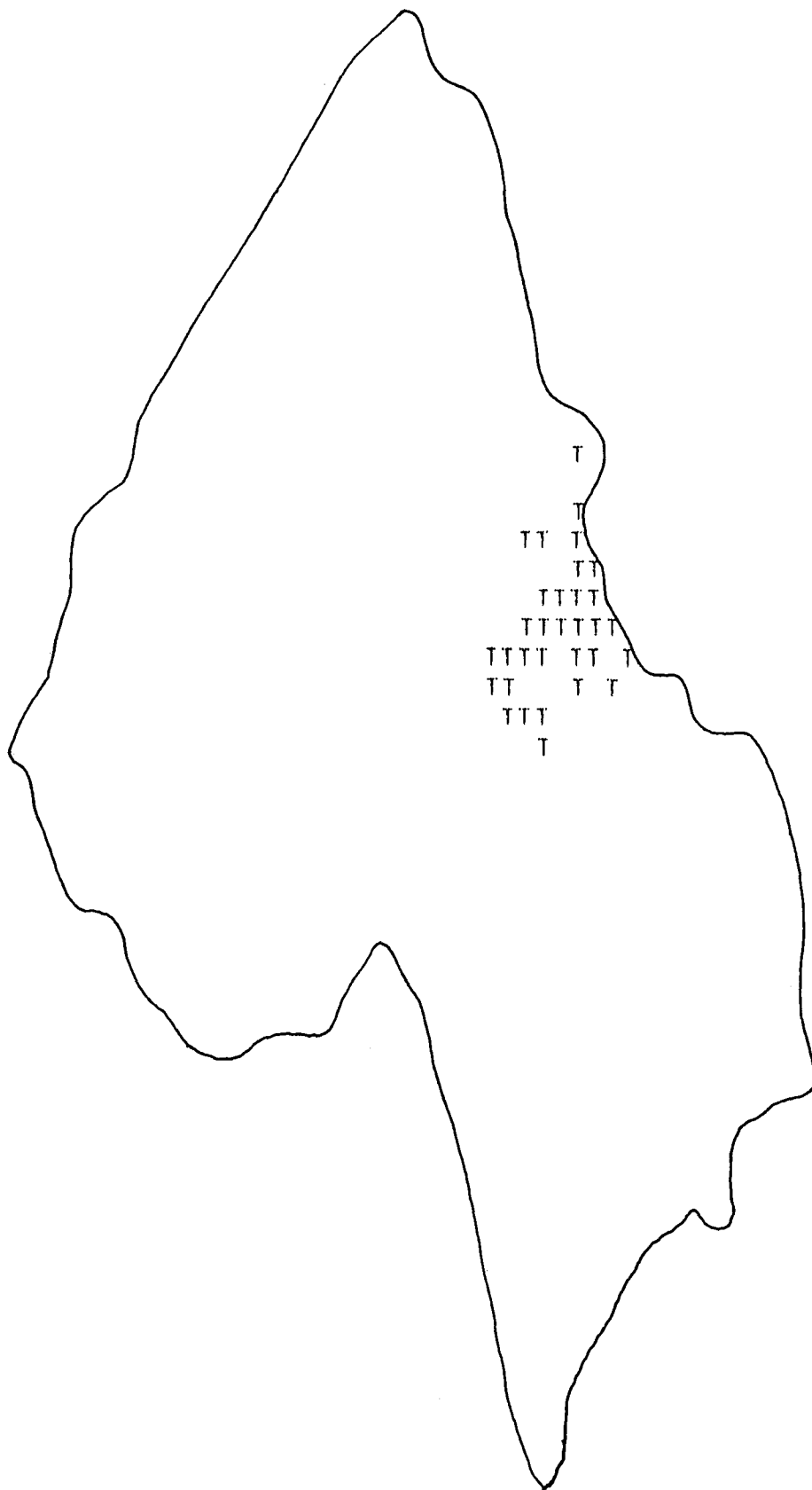
Plano de Informacao - PAS.GRP



Plano de Informacao - PASIF.GRP

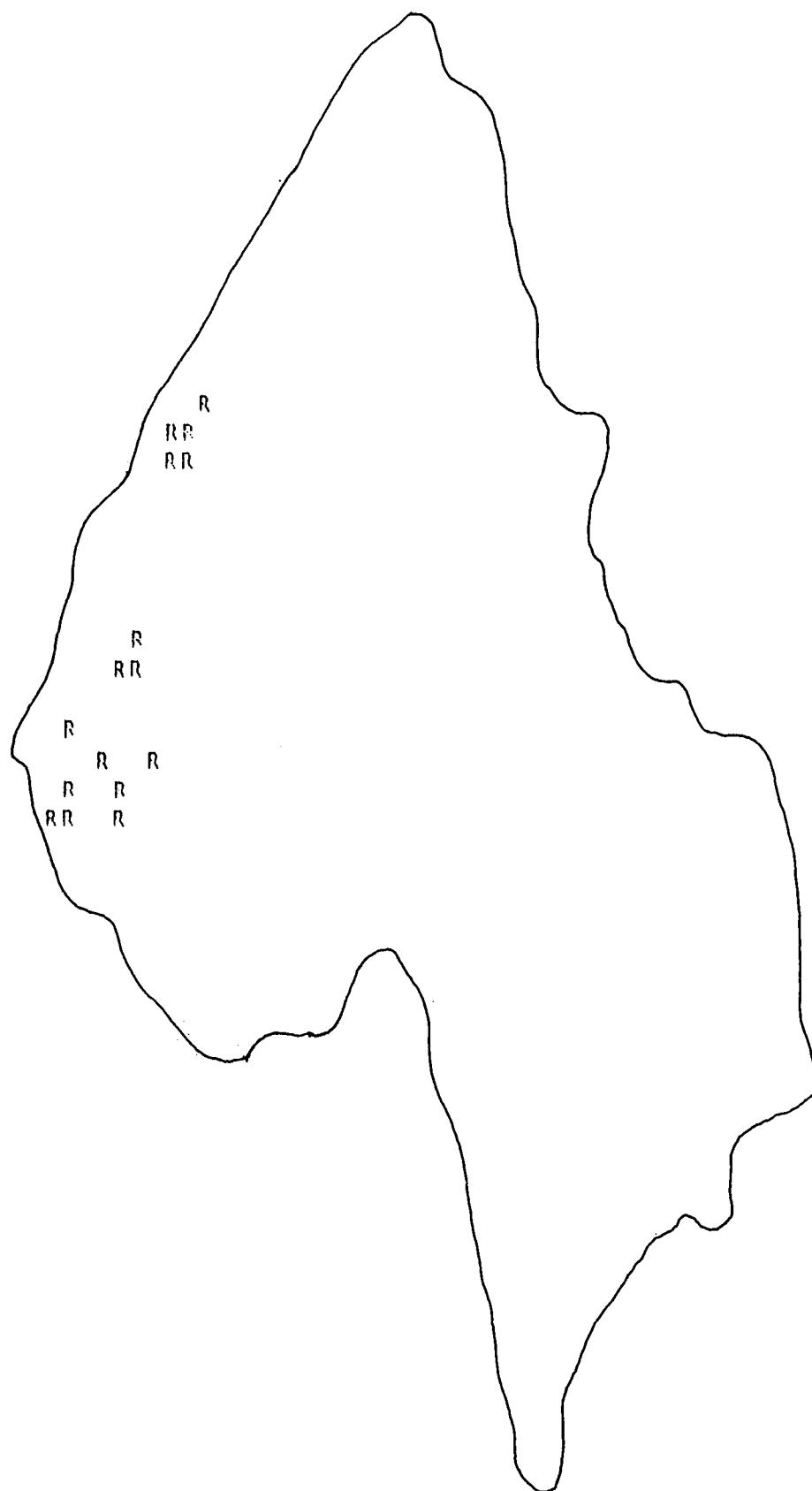


Plano de Informacao - PCATC.GRP





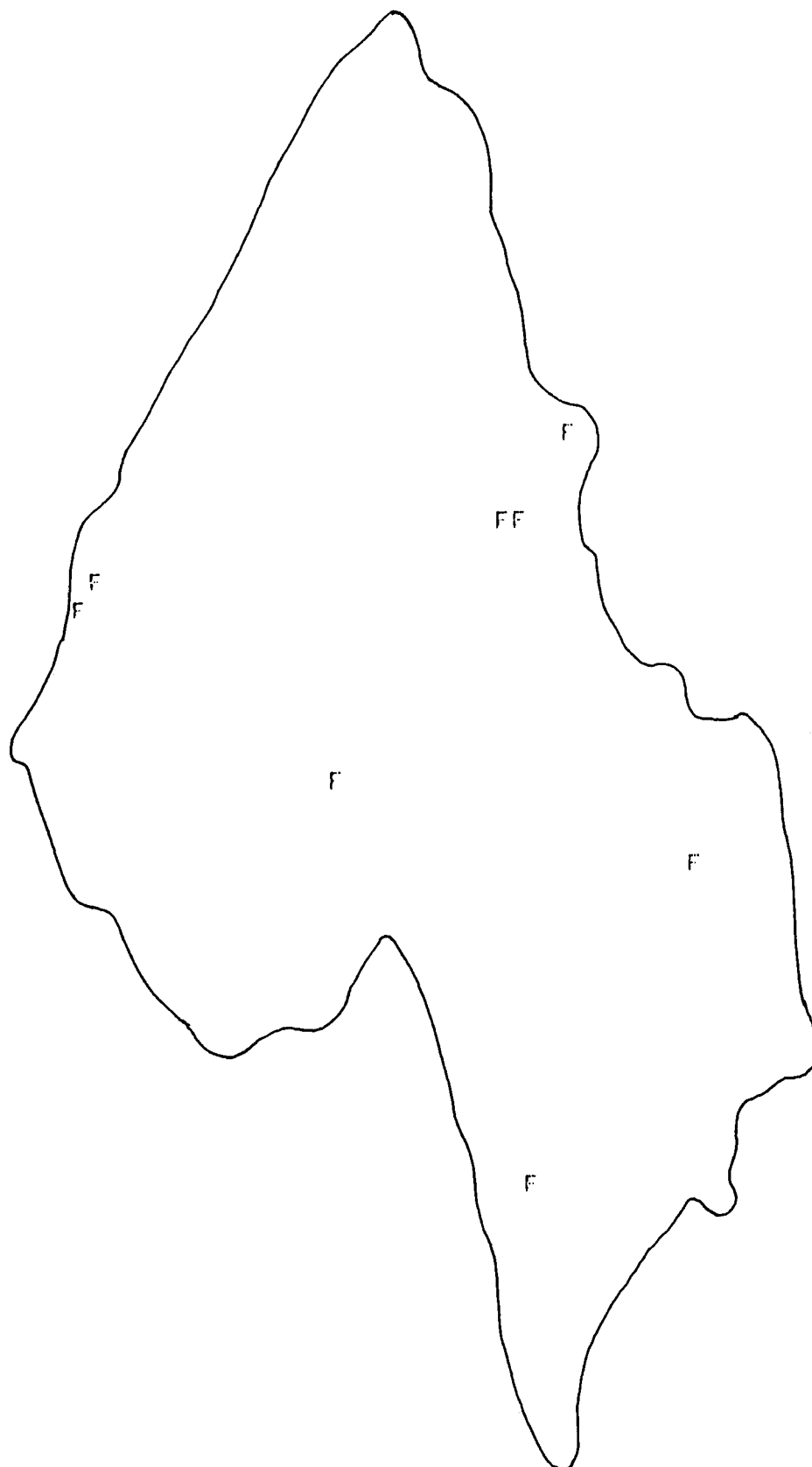
Plano de Informacao -- REFLO.GRP



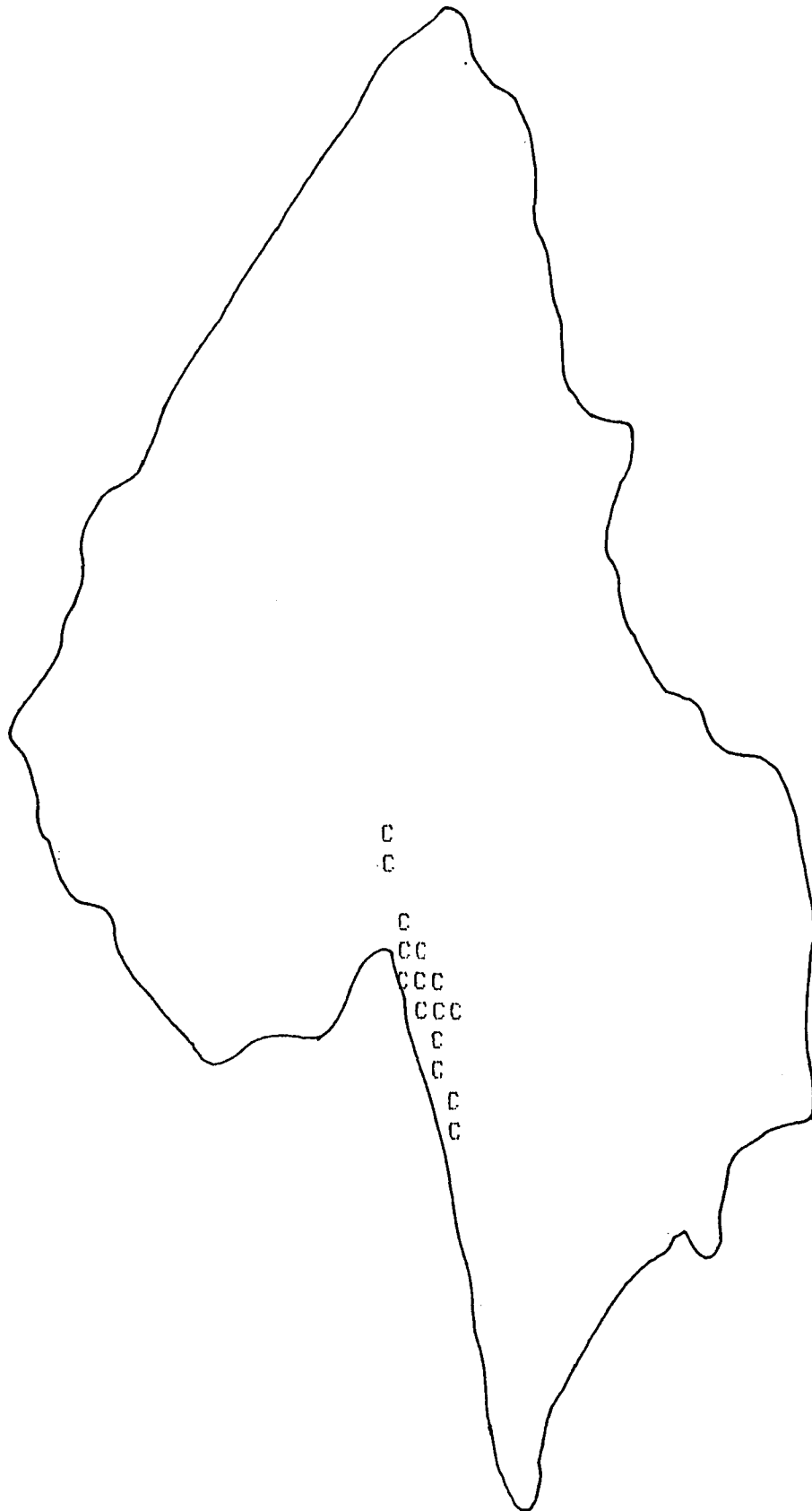
Plano de Informacao -- FLTA.GRP



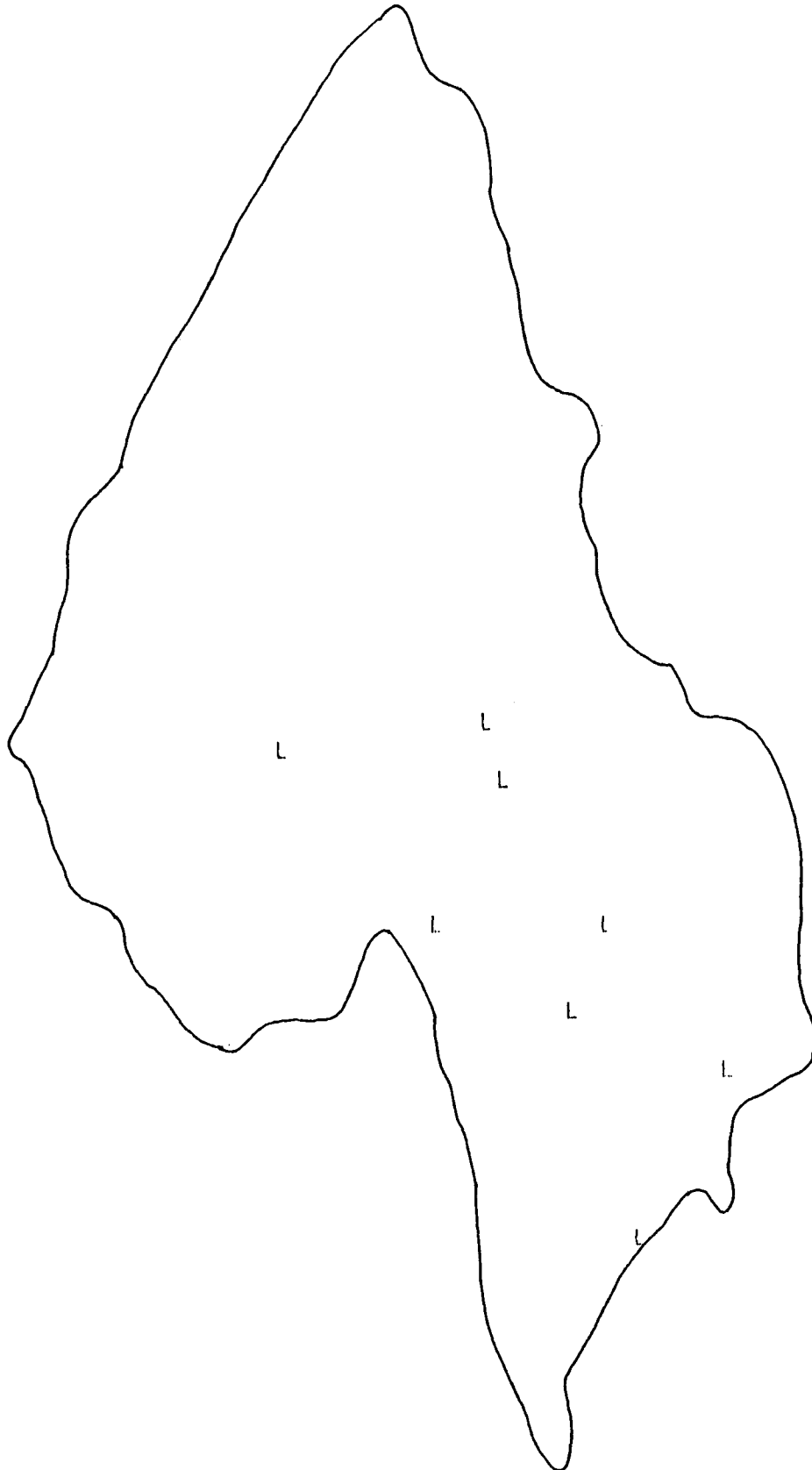
Plano de Informacao - FLR.GRP



Plano de Informacao - CAIR.GRP



Plano de Informacao - ATCIFL.GRP



## ANEXO 08

Coordenadas X, Y e Z

PROGRAMA DIGPTS

ATRIBUTO - VOL

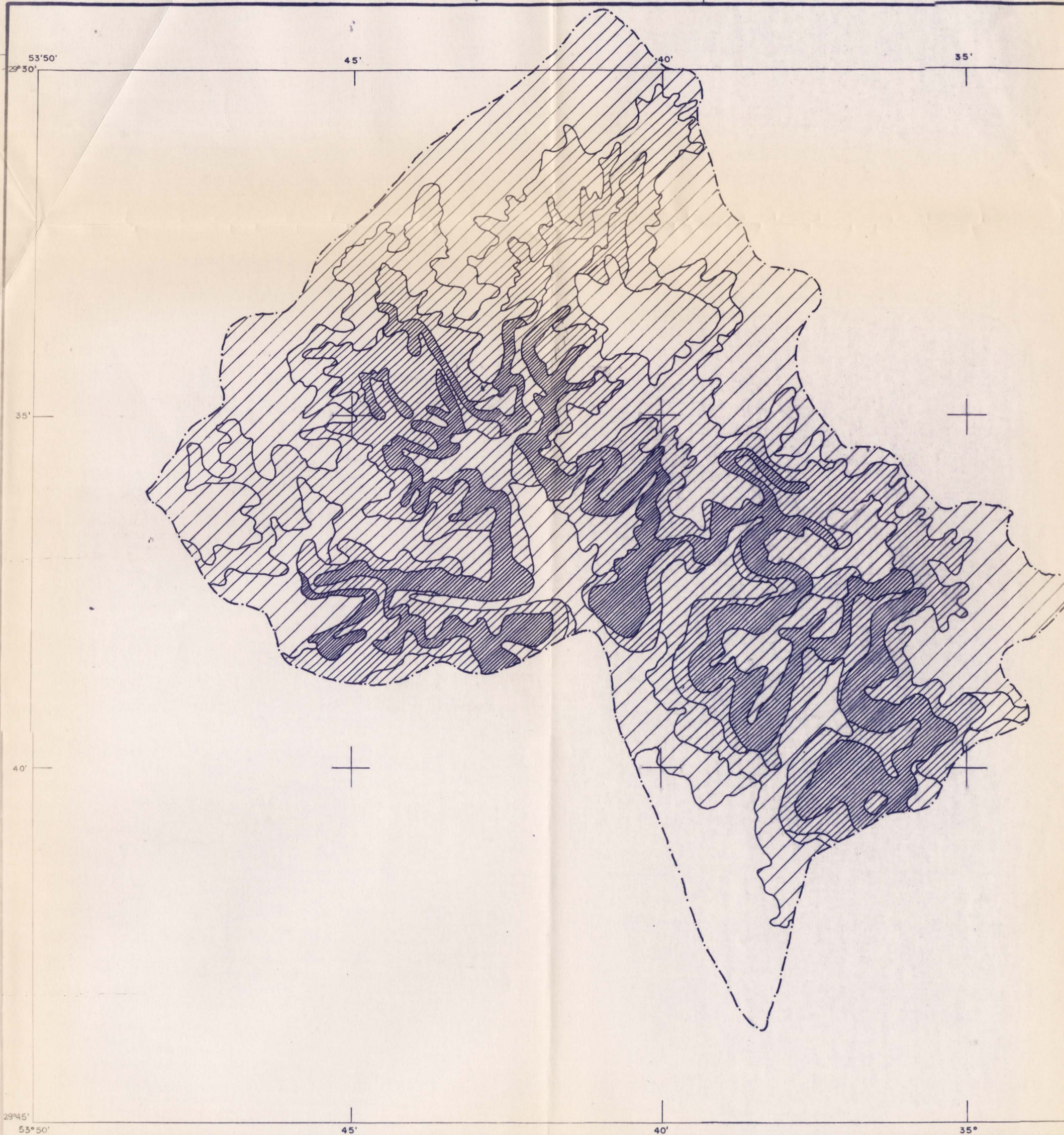
COORDENADAS - X Y Z - DO ATRIBUTO DIGITALIZADO






N.PT	ABCISSAS (m)	ORDENADAS (m)	ATRIBUTO Z
1	532.2500	1373.0000	325.7500
2	610.5000	2172.7500	478.0000
3	2084.0000	1649.7500	369.0000
4	2078.2500	3603.2500	78.0000
5	3900.5000	2651.0000	45.0000
6	2486.5000	1829.7500	123.0000
7	1532.0000	2466.0000	189.2500
8	2942.0000	1271.2500	235.0000
9	2425.7500	2759.5000	156.2900
10	3005.7500	3540.0000	178.2500
11	2964.7500	1841.2500	256.0000
12	1907.5000	3818.7500	129.9600
13	3479.5000	1969.2500	236.4500



**ANEXO 09**

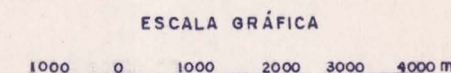
Mapa de Classes de Declividade





CLASSES DE DECLIVIDADE				
	-	≤	2	%
	-	2	a	5%
	-	5	a	10%
	-	10	a	25%
	-	>	25	%

CONVENÇÕES	
LIMITA DA SUB-BACIA .....	
LIMITE DAS CLASSES DE DECLIVIDADE .....	



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - PR.**  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. FLORESTAL - Nível Doutorado

# Mapa de Classes de Declividade da Sub-Bacia do Arroio Grande -RS

APOIO:  
MAPA BASE APOIADO NAS CARTAS DA DSG

DATA:  
NOV / 1992

UFSC - CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

ESCALA:  
1: 100.000

ELABORAÇÃO:  
PEDRO ROBERTO DE AZAMBUJA MADRUGA

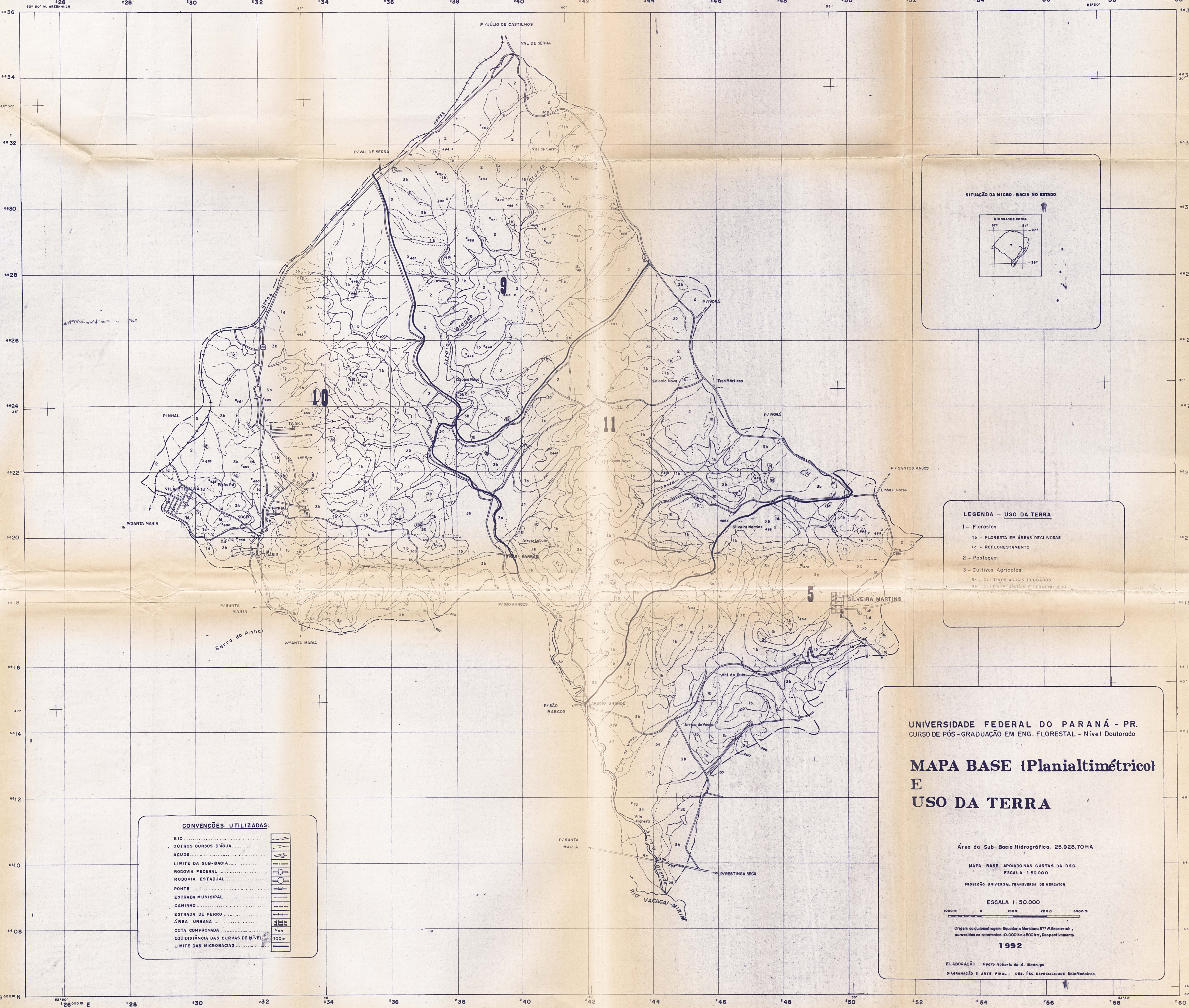
DES. TÉC. ESP.:  
Lídio Medeiros



## **ANEXO 10**

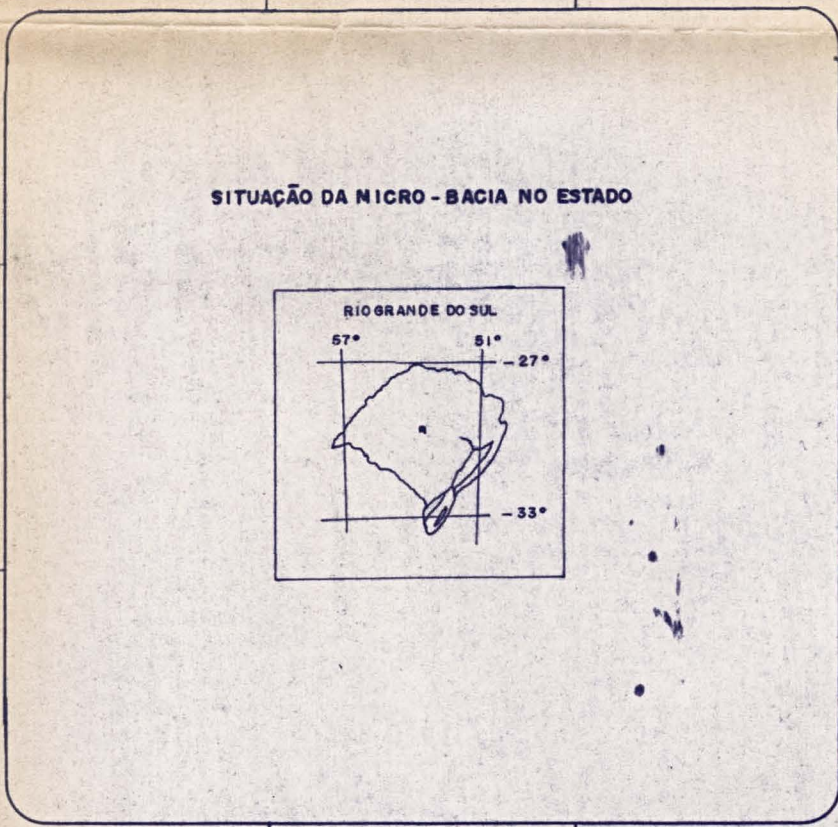
Mapa Base e Uso da Terra [Planialtimétrico]





**CONVENÇÕES UTILIZADAS:**

RIO	
OUTROS CURSOS D'ÁGUA	
ACUDE	
LIMITE DA SUB-BACIA	
RODOVIA FEDERAL	
RODOVIA ESTADUAL	
PONTE	
ESTRADA MUNICIPAL	
CAMINHO	
ESTRADA DE FERRO	
ÁREA URBANA	
COTA COMPROVADA	
EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL	
LIMITE DAS MICROBACIAS	



**LEGENDA - USO DA TERRA**

- 1 - Florestas
- 1b - FLORESTA EM ÁREAS DECLIVOSAS
- 1d - REFLORESTAMENTO
- 2 - Pastagem
- 3 - Cultivos Agrícolas
- 3a - CULTIVOS ANUAIS IRRIGADOS
- 3b - CULTIVOS ANUAIS E TERRENO SECO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - PR.**  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. FLORESTAL - Nível Doutorado

**MAPA BASE (Planialtimétrico) E USO DA TERRA**

Área da Sub-Bacia Hidrográfica: 25.928,70 HA

MAPA BASE APOIADO NAS CARTAS DA DSG.  
ESCALA: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

ESCALA 1: 50.000

Origem do quilômetro: Equador e Meridiano 57° W. Greenwich, acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente

**1992**

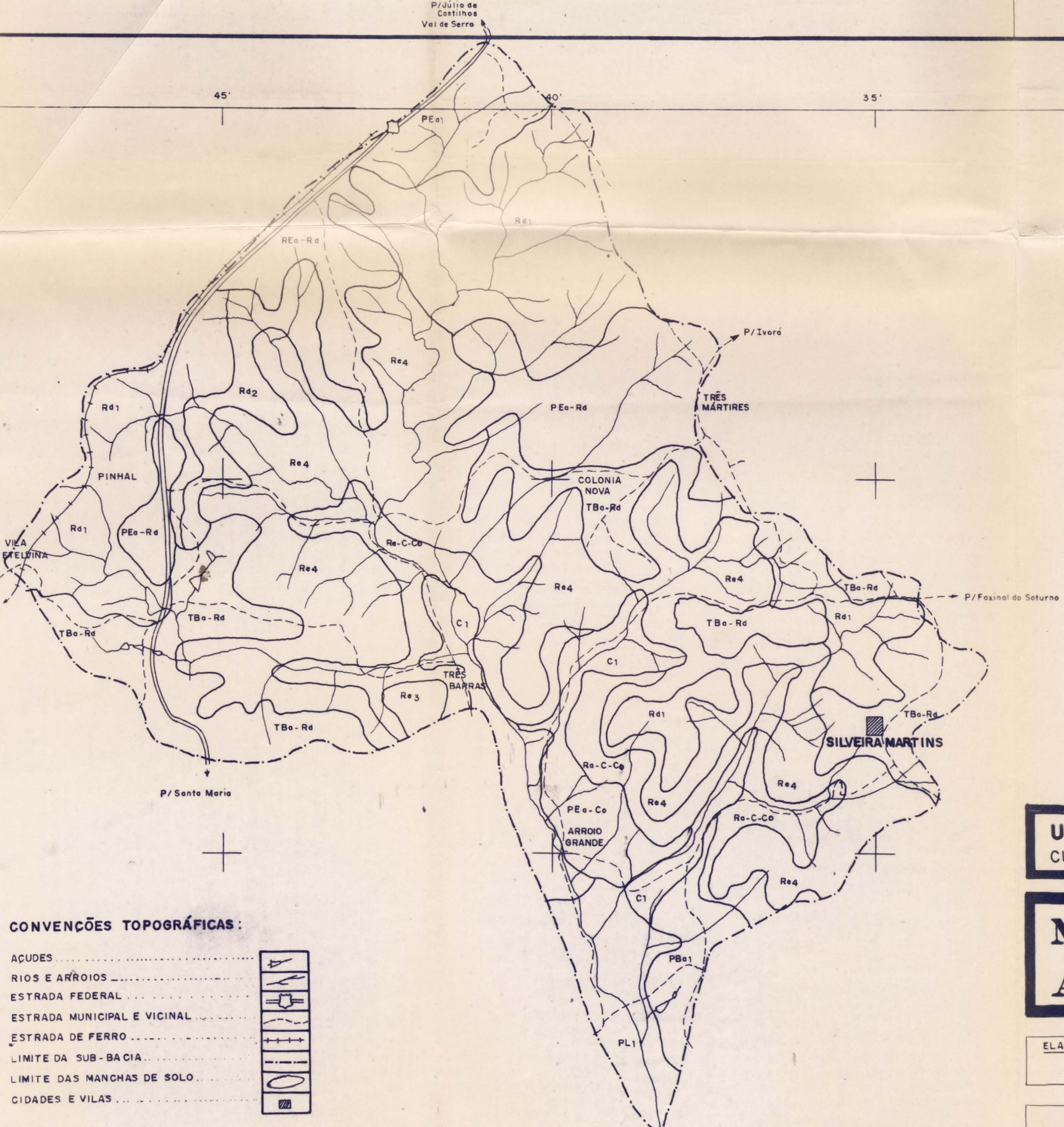
ELABORAÇÃO: Pedro Roberto de A. Madruga  
DIAGRAMAÇÃO E ARTE FINAL: DES. FSC. ESPECIALIDADE Lidia Madalena



**ANEXO 11**

Mapa de Solos





**CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS:**

.....	ACUDES
.....	RIOS E ARROIOS
.....	ESTRADA FEDERAL
.....	ESTRADA MUNICIPAL E VICINAL
.....	ESTRADA DE FERRO
.....	LIMITE DA SUB-BACIA
.....	LIMITE DAS MANCHAS DE SOLO
.....	CIDADES E VILAS

- LEGENDA CLASSIFICAÇÃO DO SOLO:**
- PODZÓLICO BRUNO-ACIDENTADO ÁLICO ..... PBa1
  - PLANOSSOLO DISTRÓFICO E EUTRÓFICO..... PL1
  - CAMBISSOLO EUTRÓFICO E DISTRÓFICO..... C1
  - SOLO LITÓLICO DISTRÓFICO RELEVO ONDULADO..... RD1
  - SOLO LITÓLICO DISTRÓFICO RELEVO FORTE ONDULADO..... RD2
  - SOLO LITÓLICO EUTRÓFICO RELEVO FORTE ONDULADO..... RD3
  - SOLO LITÓLICO EUTRÓFICO RELEVO MONTANHOSO..... RD4
- LEGENDA ASSOCIAÇÕES DE SOLO:**
- TERRA BRUNA- ESTRUTURADA ÁLICA E SOLO LITÓLICO DISTRÓFICO..... TBo-Rd
  - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO ÁLICO LITÓLICO DISTRÓFICO..... PEo-Rd
  - SOLO LITÓLICO EUTRÓFICO- CAMBISSOLO - COLÚVIOS..... Re-C-Co
  - PODZÓLICO BRUNO-ACINZENTADO ÁLICO E COLÚVIOS..... Rea-Co



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - PR.**  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO E ENG. FLORESTAL - Nível Doutorado

**Mapa de Solos da Sub-Bacia do Arroio Grande - RS.**

ELABORAÇÃO:  
**DEPARTAMENTO DE SOLOS**

DATA:  
**NOV / 1992**

**UFSC - CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS**

ESCALA:  
**1: 100.000**

ADAPTAÇÃO:  
**PEDRO ROBERTO DE AZAMBUJA MADRUGA**

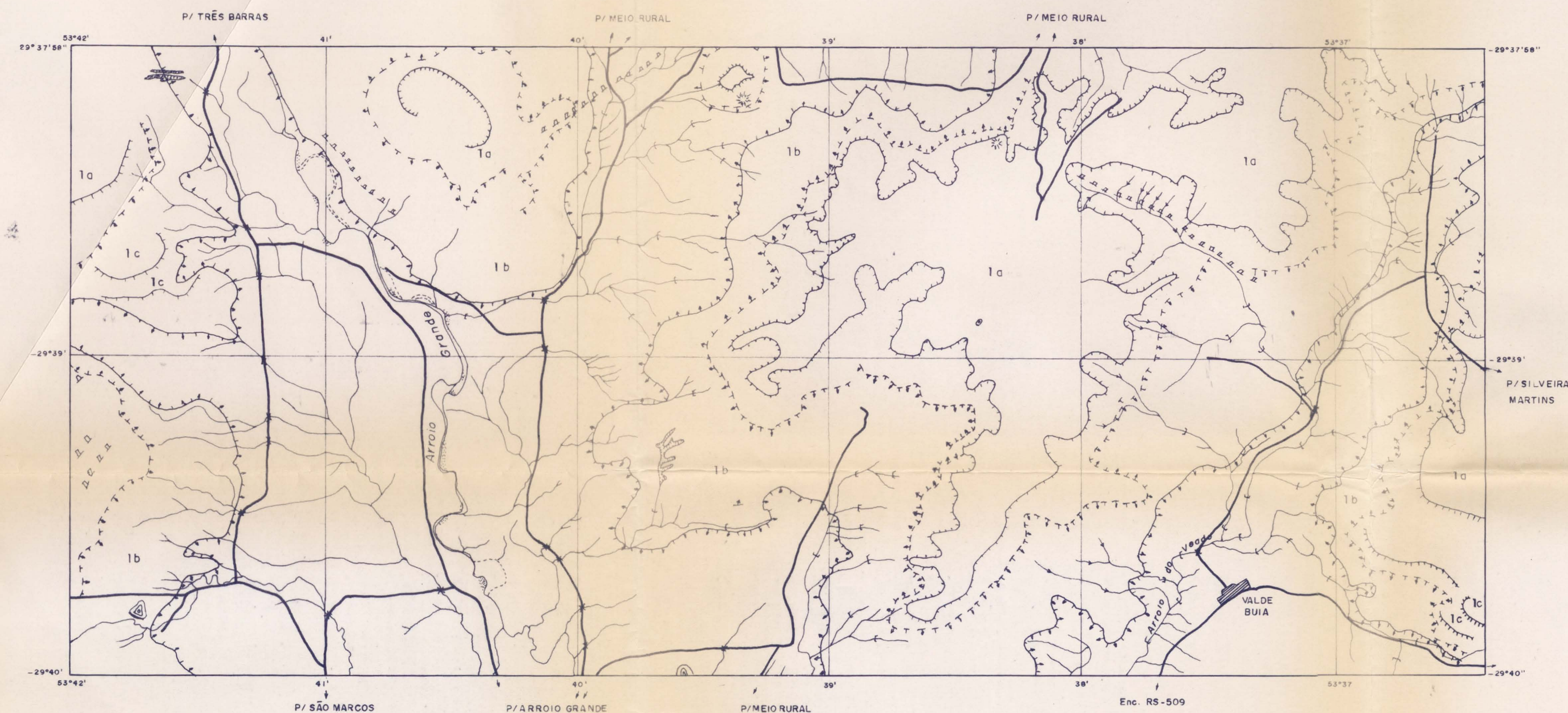
DES. TÉC. ESP.:  
**Lúcio Medeiros**



## ANEXO 12

Mapa Geomorfológico





#### CONVENÇÕES USADAS

ARROIO	
BRAÇO MORTO	
AÇUDE	
ESTRADAS	
PONTE	
LOCALIDADE	
DEPÓSITO DE AREIA (POINT BARS)	
VALE EM "V"	
VALE DE FUNDO	
ESCARPA	
FALHA INFERIDA	
RUPTURA DE DECLIVE ENTRE COMPARTIMENTOS	
RUPTURA DE DECLIVE SECUNDÁRIA (intercompartimentos)	
MERGULHO DE CAMADAS	
VOÇOROCA	
CUME CONVEXO	

COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS	LITOLOGIA	PERÍODO	FORMAS DE RELEVO	DRENAGEM	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA
I - PLANALTO <div><div>1a - PLANALTO E MORROS TESTEMUNHOS</div><div>1b - TESTÃO COLINOSO</div><div>1c - PATAMAR ESTRUTURAL EM FORMA DE DEGRAU</div></div>	FORMAÇÃO SERRA GERAL: - BASALTO - GRANÓFIRO - ARENITO INTERTRAPP FORMAÇÃO BOTUCATU: - ARENITO EÓLICO - ARENITO FLUVIAL	CRETÁCEO  CRETÁCEO  JURÁSSICO	REBORDO DO PLANALTO, RELEVO TECTÔNICO, PRESENÇA DE ESCARPA, DECLIVES ABRUPTOS E VERTENTES EROSIONADAS. PRESENÇA DE COLINAS MAIS ELEVADAS DEVIDO A EROÇÃO DIFERENCIAL. PRESENÇA DE MORROS TESTEMUNHOS E FORMAÇÃO DE FESTONAMENTO PELA ATUAÇÃO DE EROÇÃO REGRESSIVA. EXISTÊNCIA DE VALES EM "V".	POUCO DENSE, QUASE INEXISTENTE, DENDRÍTICA, COMPOSTA POR CAMADAS DE 1ª E 2ª ORDEM (SEG. STRALHER). AÇÃO EROSIVA CAUSA O FESTONAMENTO NO REBORDO DO PLANALTO	ÁREA COM GRANDES LIMITAÇÕES; RECOMENDÁVEL PARA O APROVEITAMENTO FLORESTAL E PASTAGEM NATURAL.
II - PLANÍCIE ALUVIAL	SEDIMENTOS RECENTES SOBRE SEDIMENTOS DA BACIA DO PARANÁ	CENOZÓICO	PLANÍCIES ALUVIAIS RESULTANTES DA DEPOSIÇÃO FLUVIAL, CONSTITUÍDO DE SEDIMENTOS ATUAIS E SUB-ATUAIS DEPOSITADOS EM PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO. VALES DE FUNDO PLANO COM PRESENÇA DE BRAÇOS ABANDONADOS.	DRENAGEM DE CANAIS IRREGULARES, COM PRESENÇA DE BRAÇOS MORTOS, PERTENCENTES A SUB-BACIA DO ARROIO GRANDE (BACIA DO RIO VACACAÍ MIRIM). SUB-BACIA DO AR. DO VEADO: DRENAGEM DENDRÍTICA E SUB-PARALELA. CANALIS DE 1ª E 2ª ORDEM (SEG. STRALHER)	SEM LIMITAÇÕES PARA O USO AGRÍCOLA, PRINCIPALMENTE CULTIVO DE ARROZ (ARROIO GRANDE).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - PR.  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. FLORESTAL - Nível Doutorado

## Esboço Geomorfológico - Parte da Sub-Bacia do Arroio Grande, RS

FONTE:  
FOTOGRAFIAS AÉREAS DO SACS - N° 28, 29, 30, 31 e 32

UFSM - CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

ADAPTAÇÃO:  
PEDRO ROBERTO DE AZAMBUJA MADRUGA

DATA:  
NOV / 1992

ESCALA:  
1: 100.000

DES. TÉC. ESP.:  
Lúcio Madeiros